GREENPEACE
غرينبيس

كشف القناع عن أبرز المتسببين في تلوث الهواء في القارة الإفريقية

© boxstock / Adobe Stock

© malp / Adobe Stock

الشكر والتقدير

نتقدم بخالص الشكر والتقدير لجميع الأفراد والمنظمات التي لعبت دورًا حاسمًا في تأليف وإتمام هذا التقرير. لقد أثرت مساهماتهم القيمة بشكل كبير في جودة وعمق نتائجنا.

نود أن نعرب عن امتناننا لكل من:

1. المساهمين والمؤلفين:

نشكر المؤلفين والمساهمين التالية أسماؤهم، علي عباس، سارة بن عبد الله، إيدن فارو، هيام ماردیني، إيغور غلوشكوف، جانيت ماير، كريس إنج، كريس فلافيانوس، فاتشابلوي فونجماهادليك و IQAir.

2. المراجعين النظراء:

نتقدم بجزيل الشكر للمراجعين النظراء: هبة عادل محمد صافي من منظمة الصحة العالمية - المكتب الإقليمي لشرق المتوسط، محمد يونس - خبير سياسات الطاقة والبيئة، وبريانكا ديسوزا - أستاذ مساعد في قسم التخطيط الحضري والإقليمي بجامعة كولورادو دنفر، والذين قدموا تعليقات ثاقبة و انتقادات بنّاءة خلال عملية المراجعة، مساهمين بذلك في تحسين التقرير.

نقر ونشكر مراجعينا الداخليين للتقرير لينغ تشون يونغ، جوليان جريصاتي، ميليتا ستيل، دانيال سيمونز ومبونغ أكي فوكوا تسافاك.

لقد ساعد دعمهم ونصائحهم في تشكيل هذا التقرير.

3. المساهمون في فريق التصميم والإبداع:

التصميم: جواني شيبرز، سكارب ديجيتال، رولاند سالم وإيلين عطاالله
الترجمة إلى الفرنسية: زينايدا مارتن
الترجمة إلى العربية: أحمد حمود

4. جمهورنا:

وأخيرًا وليس آخرًا، نعرب عن امتناننا للقراء وأصحاب المصلحة والمجتمع الأوسع لاهتمامهم ببحوثنا وتفانيهم في التقدم في تحقيق أهدافنا المشتركة.

لقد كانت مساهماتكم الجماعية أساسية في تشكيل هذا التقرير، ونحن نتقدم بجزيل الشكر لكم على التزامكم بالسعي نحو المعرفة والتغيير الإيجابي.

غرينبيس الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

غرينبيس إفريقيا

© Rendra Hernawan / Greenpeace

الملخص التنفيذي

يحقق هذا التقرير في أكبر مصادر تلوث الهواء الناجمة عن الأنشطة الإنسانية في إفريقيا، خاصة تلك المرتبطة بالقطاعات الصناعية والاقتصادية الكبرى وقطاع الوقود الأحفوري. وغالبًا ما يمتلك هؤلاء الملوثون قوة تأثير كبيرة، ومن خلال تقليل الانبعاثات قد يجلبون فوائد حقيقية للمجتمعات المتأثرة. يركز هذا التقرير على أكبر ملوثي الهواء الذين لديهم أيضًا القدرة على تحسين نوعية الهواء بسرعة.

تترتب على تلوث الهواء عواقب خطيرة واسعة النطاق على الصحة العامة في إفريقيا، ويحدد هذا التقرير أبرز الملوثين ومصادر تلوث الهواء في جميع أنحاء القارة. كما يسلط الضوء على الحاجة الماسة إلى الإنتقال للطاقة النظيفة و المتجددة، وإنهاء الاعتماد على الوقود الأحفوري والاحتراق لتوليد الطاقة وتحسين القوانين والتشريعات الخاصة بجودة الهواء والانبعاثات، حيث تعتبر هذه الخطوات حاسمة لضمان صحة ورفاهية سكان إفريقيا، وتقليص الظلم البيئي.

أبرز النتائج المستخلصة من التقرير:

تتطابق العديد من بؤر الانبعاثات المحددة من خلال دراسة البيانات المتوفرة مع محطات الطاقة الحرارية، ومصانع الإسمنت، ومصاهر المعادن، والمناطق الصناعية، أو المناطق الحضرية.

وُجدت ست من بين عشرة من أكبر بؤر انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين في العالم في إفريقيا، وجميعها في جنوب إفريقيا.

أكبر عشرة مصادر نقطية لانبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين المحددة في إفريقيا هي كلها محطات طاقة حرارية، تسعة منها في جنوب إفريقيا والعاشرة هي محطة الطاقة Azito and Vridi CIPREL في ساحل العاج.

وُجدت اثنتين من بين عشرة من أكبر بؤر انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في العالم في إفريقيا، وكلاهما في جنوب إفريقيا.

من بين أكبر عشرة مصادر نقطية لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت المحددة في إفريقيا، تسعة منها تتمثل في محطات الطاقة الحرارية وواحدة مرتبطة بمجمع صهر معادن في مالي. أربع من محطات الطاقة تقع في جنوب إفريقيا، محطتان في كل من المغرب ومصر، وواحدة في زيمبابوي.

في شمال إفريقيا، تشير بيانات الانبعاثات إلى أن القطاع الأكثر إسهامًا في انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين، والمركّبات العضوية المتطايرة وثاني أكسيد الكبريت هو قطاع الطاقة. ويُصدر الحرق المنزلي للوقود معظم انبعاثات الكربون الأسود.

في غرب إفريقيا، القطاع الأكثر إسهامًا في انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين والكربون الأسود هو حرق الوقود المنزلي. بينما يُصدر قطاع الطاقة معظم انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة وثاني أكسيد الكبريت، وهذه الانبعاثات مرتبطة ارتباطًا وثيقًا ببنية النفط والغاز في نيجيريا.

تتجاوز نسب تلوث الهواء في إفريقيا المستويات الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية بشكل متكرر، مما يشكل مخاطر على الصحة العامة، وتعتبر جودة الهواء السيئة أحد العوامل الرئيسية للوفيات في جميع أنحاء إفريقيا. ومع ذلك، تفتقر العديد من مناطق إفريقيا إلى نتائج رصد تلوث الهواء المتاحة للعامة. وعليه، يفحص هذا التقرير بيانات الانبعاثات المتاحة للتحقيق في تلوث الهواء في أفريقيا وكشف الملوثين الرئيسيين.

تمكن مجموعات البيانات الفضائية وقواعد البيانات الخاصة بالانبعاثات من كشف الملوثات الجوية التي تساهم في مشاكل جودة الهواء في إفريقيا، بما في ذلك انبعاثات أكاسيد النيتروجين، ثاني أكسيد الكبريت، المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية، والجزيئات بما في ذلك الكربون الأسود. غالبًا ما تكون هذه الملوثات مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالقطاعات المسؤولة عن حرق الوقود بشكل كبير، وتساهم جميعها في تلوث الهواء بالجزيئات الدقيقة.

في هذا التقرير، يتم التحقيق في المعطيات الفضائية المنشورة مؤخرًا لتحديد أكبر بؤر انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت في إفريقيا. يتم الرجوع لقواعد البيانات العالمية والإقليمية للانبعاثات لوضع هذه البؤر في سياقها والإشارة إلى القطاعات والصناعات الأكثر تلويثًا لمختلف المناطق في إفريقيا.

© Zamrznuti tonovi / Adobe Stock

في شرق إفريقيا، القطاع الأكثر إسهامًا في انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين والكربون الأسود هو حرق الوقود المنزلي، بينما يُصدر قطاع الطاقة معظم انبعاثات المركّبات العضوية المتطايرة ويساهم القطاع الصناعي بمعظم انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت.

في وسط إفريقيا، القطاع الأكثر إسهامًا في انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين، والمركبات العضوية المتطايرة والكربون الأسود هو حرق الوقود المنزلي. يساهم القطاع الصناعي بمعظم انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت. تمت الإشارة إلى أن جودة الهواء الضعيفة في هذه المنطقة يعزى إلى حرق النفايات، التعدين، والممارسات الصناعية مثل معالجة المعادن وتصنيع الإسمنت.

في جنوب قارة إفريقيا، القطاع الأكثر إسهامًا في انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين، والمركبات العضوية المتطايرة وثاني أكسيد الكبريت هو قطاع الطاقة، بينما يساهم حرق الوقود المنزلي بمعظم انبعاثات الكربون الأسود. يُسهم الفحم بشكل كبير في تلوث الجزيئات الدقيقة ويعتبر حرق النفايات، سواء في المنازل أو في المكبات، عاملاً مهمًا في المساهمة في انبعاثات الكربون الأسود.

يتوقع برنامج الأمم المتحدة للبيئة ارتفاع عدد الوفيات المبكرة المرتبطة بتلوث الهواء الخارجي من 930,000 في عام 2030 إلى 1.6 مليون في عام 2063

من المتوقع أن يزداد تلوث الهواء الخارجي في إفريقيا سوءًا ما لم يتم اتخاذ الإجراءات اللازمة سريعاً. قد يؤدي النمو الاقتصادي، والنمو السكاني، والتحضر الفوضوي، ونقص التشريعات والقوانين البيئية إلى تفاقم الأثر البيئي والصحي على الإنسان. يتوقع برنامج الأمم المتحدة للبيئة ارتفاع عدد الوفيات المبكرة المرتبطة بتلوث الهواء الخارجي من 930,000 في عام 2030 إلى 1.6 مليون في عام 2063 (UNEP, 2022). سيساعد وضع قوانين بيئية فعالة، بما في ذلك تشريعات جودة الهواء والانبعاثات، بجانب تحسين الوصول بشكل كبير إلى الطاقة النظيفة والمتجددة في تقليل اللامساواة ودعم رفاه السكان في إفريقيا.

© Afiraz / Adobe Stock

إن الحلول الفعالة لمشاكل جودة الهواء في إفريقيا متاحة بالفعل، ويسلط هذا التقرير الضوء على عدة دراسات حالة تم مراجعتها:

- عمل مجموعات العدالة البيئية التي استغلت حقوقها الدستورية لتحسين إدارة جودة الهواء في مدينة مبومالانجا، في جنوب إفريقيا.
- شركة "سولار ماماز" في مالاوي وشركة كابوني في بوروندي، التي توفر الطاقة الشمسية للمجتمعات الغير مرتبطة بشبكة كهرباء.
- المواطنون الشباب الذين يوظفون التكنولوجيا الجديدة لمراقبة جودة الهواء.
- البحث المجتمعي في كينيا والمغرب والذي يتم الاستفادة منه لمحاسبة الملوثين.
- الاحتجاج وإتخاذ الإجراءات القانونية لمنع رمي وحرق النفايات في تونس.

يقترح هذا التقرير تسعة إجراءات يجب على الحكومات والمشرعين اتخاذها للتصدي لـ انبعاثات الملوثات الجوية، وخاصة تلك الصادرة من القوى الصناعية الكبرى وصناعة الوقود الأحفوري، من أجل تحسين جودة الهواء في إفريقيا:

1. سن قوانين شاملة لإدارة جودة الهواء وإنشاء معايير وطنية لجودة الهواء بهدف تحقيق تحسين مستمر وجودة هواء تتماشى مع المبادئ التوجيهية العلمية لمنظمة الصحة العالمية.

2. تسريع تطوير شبكات مراقبة جودة الهواء وتعزيز الشبكات القائمة لتحسين تقديرات التعرض السكاني لتلوث الهواء الضار. يجب إعطاء الأولوية للمجتمعات الأكثر ضعفًا و يجب أن توفر هذه الشبكات بيانات شفافة وفي الوقت المناسب، مع الإبلاغ عن البيانات بوحدات فيزيائية غير مبهمة، وفي مواقع معروفة، مع دقة زمنية جيدة وإمكانية الوصول المباشر عبر الإنترنت للعموم.

3. مراقبة انبعاثات الملوثات الجوية من المنشآت المسؤولة عن تلوث الهواء الملحوظ والإبلاغ عنها وتطوير سجلات انبعاث ونقل الملوثات (PRTRs) تكون متاحة للعامة و يتم التحقق منها بشكل مستقل.

4. تحسين الوصول إلى الطاقة النظيفة والمتجددة للطهي من خلال تدابير سياسية أقوى للعائلات المحتاجة. يجب على الحكومات تشجيع حلول الطهي النظيفة والمتجددة وميسورة التكلفة من خلال سياسات مبنية على الأدلة تتجنب الوقود الأحفوري والصلب، وتتماشى مع الاحتياجات الثقافية والاجتماعية والجندرية المحلية، والتي يجب أن يدعمها التمويل الكافي.

5 اتخاذ خطوات عاجلة لتقليل الاعتماد على الفحم والنفط والغاز كمصادر للطاقة والانتقال بشكل عادل نحو الطاقة المتجددة، والتي تعود بالفائدة على الناس والمناخ على حد سواء. أثناء الانتقال نحو نظام يعتمد كليًا على الطاقة المتجددة، هناك حاجة ماسة إلى اتخاذ إجراءات عاجلة لضمان أن تفي جودة الوقود المستخدم في إفريقيا بأفضل المعايير البيئية الدولية، بما في ذلك المحتوى الكبريتي.

6 تبرز منطقة مبومالانجا في جنوب إفريقيا عالميًا بسبب انبعاثاتها من الملوثات الجوية. على حكومة دولة جنوب إفريقيا تنفيذ "خطة إدارة جودة الهواء في المنطقة ذات الأولوية هايفيلد" بشكل عاجل وكامل، مع الالتزام بقرار محكمة بريتوريا العليا في قضية 'الهواء القاتل'. يجب عدم النظر في أي من الاستثناءات المتعلقة بتشريعات تلوث الهواء الضعيفة في هذه المنطقة، ويجب تفكيك جميع محطات توليد الطاقة العاملة بالفحم التي وصلت إلى نهاية عمرها الافتراضي.

7 اتخاذ خطوات عاجلة لإنهاء إنتاج النفط والغاز والحرق المفتوح (flaring) لهما وأيضاً إنهاء استخدام الوقود الأحفوري في توليد الطاقة، وتحقيق صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050.

8 اتخاذ إجراءات أقوى لتقليل توليد النفايات، حظر حرق النفايات، وقف استعمار النفايات (حيث تورد الدول المتقدمة نفاياتها إلى الدول النامية)، وتوفير وسائل فعالة لإدارة النفايات.

9 على الحكومات الوطنية الأفريقية، وبالتعاون مع المجتمع الدولي والشمال العالمي: الاستثمار في مشاريع الطاقة المستدامة والصديقة للمناخ مع التخلص التدريجي من الصناعات ذات الانبعاثات العالية والضارة بيئيًا التي لها تأثيرات سلبية على الصحة العامة والمناخ.

© Ruth Sacco / Greenpeace

© Quality Stock Arts / Adobe Stock

المحتويات

4 **الملخص التنفيذي**

10 **مقدمة**

11 • جودة الهواء في إفريقيا

14 • العبء الصحي لتلوث الهواء على الصحة العامة

19 **ما هي أهم مصادر تلوث الهواء في إفريقيا؟**

20 • بيانات الأقمار الصناعية

21 • ثاني أكسيد النيتروجين

25 • ثاني أكسيد الكبريت

32 • قواعد بيانات جرد الانبعاثات

36 **قوائم المعلومات الإقليمية**

36 • شمال إفريقيا

38 • غرب إفريقيا

41 • شرق إفريقيا

43 • وسط إفريقيا

44 • أفريقيا الجنوبية

46 **دراسات الحالة**

54 **الخاتمة**

58 **قاموس المصطلحات**

61 **المراجع**

65 **الملحق 1. البيانات على مستوى الدولة**

© DimaBerlin / Adobe Stock

مقدمة

تلوث الهواء، وتحديدًا تلوث الجزيئات الدقيقة (PM)، هو ثاني أكبر عامل سبب الوفاة بعد سوء التغذية في إفريقيا جنوب الصحراء، وهو العامل البيئي الرئيسي للوفيات في شمال إفريقيا، حيث يشكل خطرًا أكبر من المياه غير الآمنة، ونقص الصرف الصحي ونقص النظافة (موراي وآخرون 2020).

سلطت التقارير الحديثة الضوء على تعرض خطير للتلوث وعبء واسع من الأمراض في جميع أنحاء القارة (IQAir 2023، HEI 2022، UNEP 2022، WHO 2023a،b). يتفاقم هذا التأثير بسبب الظلم والتفاوتات في التعرض للتلوث، ومراقبة التلوث والبحث فيه.

بدافع تسريع العمل على أسباب هذا الظلم، يركز هذا التقرير على طبيعة وموقع أكبر مصادر تلوث الهواء في إفريقيا، مع إعطاء الأولوية لمصادر التلوث على نطاق صناعي، وخاصة التلوث الناجم عن الوقود الأحفوري. ويطرح التقرير السؤال التالي: 'ما هي أكبر مصادر تلوث الهواء في إفريقيا؟' يركز التقرير على أكبر مصادر التلوث التي يحدثها الإنسان، القوى الصناعية الكبرى وصناعة الوقود الأحفوري، مع التعريف في المقابل بأولئك الذين يحدثون بالفعل فرقًا إيجابيّاً ويساهمون في تحسين جودة الهواء.

يأخذ هذا التقرير في الاعتبار انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NO_2 وأكاسيد النيتروجين الأخرى المعروفة مجتمعة باسم NOx)، ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs)، والجزيئات بما في ذلك الكربون الأسود (BC).

غالبًا ما تكون هذه الملوثات مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالقطاعات المسؤولة عن حرق كميات كبيرة من الوقود

غالبًا ما تكون هذه الملوثات مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالقطاعات المسؤولة عن حرق كميات كبيرة من الوقود. تساهم جميع هذه الملوثات في إنتاج تلوث الجزيئات الثانوية، والجزيئات الدقيقة ($PM_{2.5}$)، والتي تعد عامل خطر رئيسي للوفيات في إفريقيا. بمجرد انبعاثها في الهواء، يمكن أن يكون التعرض لكل من هذه الملوثات مضرًا بالصحة بشكل مباشر.

جودة الهواء في إفريقيا

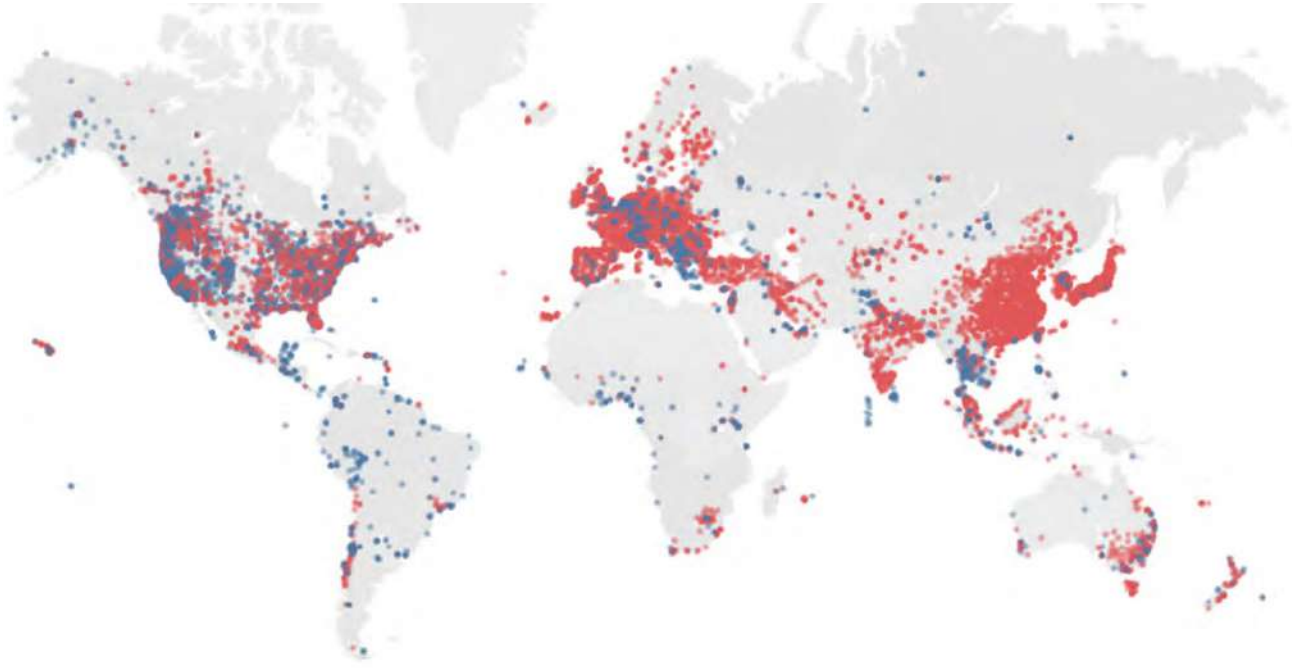
نشرت منظمة الصحة العالمية (WHO) إرشادات وأهدافاً مؤقتة لمستويات تركيز الملوثات في الهواء (**الجدول 1**) حيث تستند الإرشادات إلى الأدلة على الآثار الصحية الضارة في الأدب العلمي وتم تحديدها بحيث يمثل التلوث الأعلى من هذا المستوى خطرًا مهمًا على الصحة العامة. تم تصميم الأهداف المؤقتة لتشجيع المدن والمناطق والبلدان التي تعاني من مستويات عالية من تلوث الهواء على إحراز تقدم نحو العيش في هواء أنظف.

الجدول 1: إرشادات منظمة الصحة العالمية لجودة الهواء للملوثات المختارة (WHO 2021)

الملوث	المعدل لعام 2021	الأهداف المؤقتة لعام 2021				الإرشاد المعياري
		1	2	3	4	
$PM_{2.5}$ (µg/m³)	السنوي	35	25	15	10	**5**
	النسبة المئوية 99% وما فوق خلال 24 ساعة	75	50	37.5	25	**15**
NO_2 (µg/m³)	السنوي	40	30	20	–	**10**
	النسبة المئوية 99% وما فوق خلال 24 ساعة	120	50	–	–	**25**
SO_2 (µg/m³)	النسبة المئوية 99% وما فوق خلال 24 ساعة	125	50	–	–	**40**

يتجاوز متوسط تركيزات $PM_{2.5}$ المحيطة في إفريقيا الإرشادات الصادرة عن منظمة الصحة العالمية بشكل متكرر (IQAir 2023) وتقوم منظمة الصحة العالمية بإصدار تقارير سنوية حول المواقع التي تمتثل لإرشاداتها وتلك التي لا تمتثل إليها. وقد وجد تقريرها لعام 2023 - الذي يستخدم أحدث البيانات من 2010-2019, أن 3% فقط من التجمعات السكانية والبلدات والمدن التي تم تقييمها في المنطقة الأفريقية كانت جودة الهواء فيها جيدة بما يكفي لتلبية المعيار السنوي للمتوسط العام للجزيئات الدقيقة. و لم تكن هناك أي تجمعات سكانية أو بلدات أو مدن تحت هذا الإرشاد في منطقة شرق البحر المتوسط[1] (يتم تقييم $PM_{2.5}$ إلا عندما تكون بيانات PM_{10} هي الوحيدة المتاحة). في المنطقة الأفريقية وفي شرق البحر المتوسط، 0% و 2% من التجمعات السكانية والبلدات والمدن كانت تحت المعيار السنوي لـ NO_2 وفقا لتقرير المنظمة الصادر عام 2023.

على الرغم من المخاطر التي يشكلها تلوث الهواء على الصحة العامة، لا تتم مراقبة جودة الهواء بشكل كافٍ في إفريقيا. تتضمن قاعدة بيانات جودة الهواء المحيط لعام 2023 الصادرة عن منظمة الصحة العالمية بيانات مراقبة NO_2، $PM_{2.5}$، PM_{10} التي تم جمعها من تقارير الحكومات والمواقع الإلكترونية، وشبكات المراقبة الإقليمية، ووكالة البيئة الأوروبية، والسفارات الأمريكية، والمنشورات العلمية بين عامي 2010 و2020. البيانات من هذه المصادر متاحة فقط لـ 14 دولة داخل إفريقيا (WHO 2023b). يتضمن تقرير جودة الهواء العالمي لعام 2022 الصادر عن IQAir أيضًا مستشعرات تعمل بشكل مستقل، مع 311 جهاز مراقبة $PM_{2.5}$ في إفريقيا متاحة لتزويد التقرير ببياناتهم. تم توزيع هذه الأجهزة في 19 دولة فقط من بين 54 دولة إفريقية (IQAir 2023 ، **الشكل 1**).



الشكل 1. توضيح لتوزيع محطات مراقبة جودة الهواء للجزيئات الدقيقة $PM_{2.5}$ على مستوى العالم. المحطات المعروضة هي تلك التي تم تضمينها بواسطة IQAir في تقريرهم العالمي لجودة الهواء لعام 2022. تمثل المحطات المستقلة بعلامات زرقاء. تمثل المحطات الحكومية بعلامات حمراء. تم إعادة إنتاج الشكل بإذن من (IQAir 2023).

[1] منطقة شرق البحر المتوسط كما تصنفها منظمة الصحة العالمية (WHO) تشمل جيبوتي، ومصر، وليبيا، والمغرب، والصومال، والسودان،وتونس، واليمن.

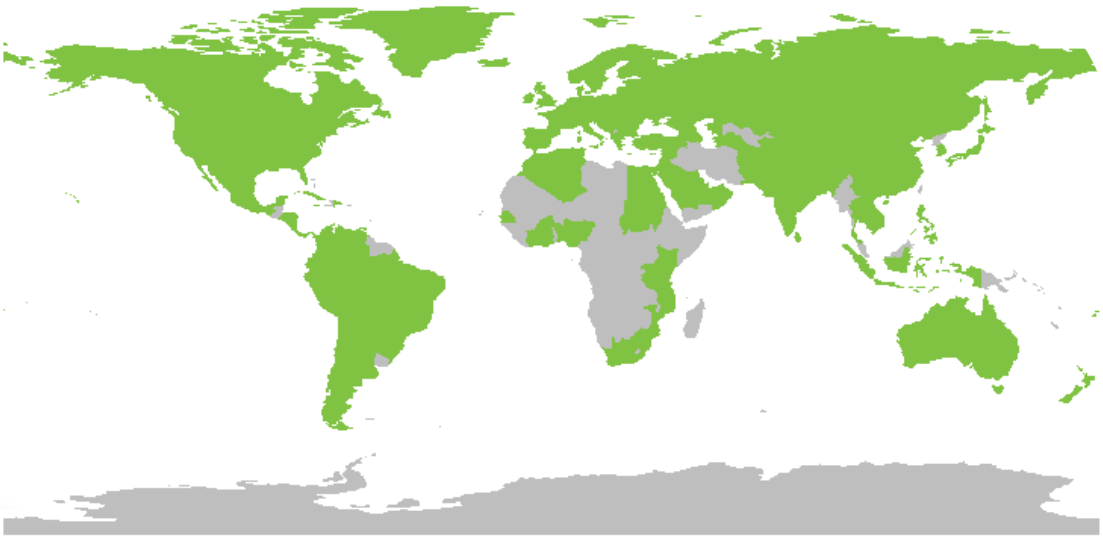
[2] SAAQIS. South African Air Quality Information System. https://saaqis.environment.gov.za/

© Athit Perawongmetha / Greenpeace

من الصعب تحديد المستوى الكافي لمراقبة تلوث الهواء لكل دولة أفريقية. على سبيل المثال، في كل دولة من دول الاتحاد الأوروبي، يتطلب الأمر وجود نظام مراقبة يستطيع اكتشاف جميع الخروقات لمعايير جودة الهواء على الصعيد الوطني، ويجب أن يتم تحرير تقرير عنها خلال 6 أشهر (Larssen و Otto Hagen 1996). يمكن لهذه التغطية الواسعة تحديد المناطق المهمة للتحرك، ويمكن أن تساعد في تقليل عدد المجتمعات، خاصة تلك المهمشة أو الضعيفة، التي يتم تجاهلها. لا يقتصر القيام بمراقبة واسعة النطاق على الشمال العالمي فقط. على سبيل المثال، يتم تشغيل شبكات مراقبة في كولومبيا (Farrow وآخرون 2021) و بعض المناطق في إفريقيا تمتلك شبكات مراقبة. يوفر نظام معلومات جودة الهواء الجنوب أفريقي - South African Air Quality Information System[2] بيانات في المدن الرئيسية وبعض المناطق الصناعية.

حاليًا، تعتبر شبكات المراقبة الوطنية الأساس الرئيسي لجمع بيانات جودة الهواء. قد يكون أفضل وسيلة لمعالجة الفجوات في البيانات التي تؤثر على المجموعات السكانية الكبرى بسرعة هو تطوير أنظمة تدمج أنواعًا مختلفة من معدات المراقبة، بما في ذلك أجهزة الاستشعار منخفضة التكلفة، والمراقبة الفضائية، والأجهزة البحثية عالية الجودة (Martin وآخرون 2019). يجب أن توفر هذه الشبكات وصولًا شفافًا وفي الوقت المناسب إلى البيانات، مع الإبلاغ عن البيانات بوحدات فيزيائية غير مبهمة، في مواقع معروفة، مع دقة زمنية جيدة وإمكانية الوصول المباشر للمعلومات عبر الإنترنت للعموم (Sawant وآخرون 2022).

معايير جودة الهواء هي آلية سياسية مهمة يمكن أن تساعد في تقليل تلوث الهواء وتحسين الصحة (HEI 2022). تفتقر معظم الدول في إفريقيا إلى معايير وطنية لجودة الهواء. وفقًا للتقييم العالمي الأول لتشريعات تلوث الهواء (GAAPL) الصادر عن برنامج الأمم المتحدة (UN) للبيئة (Misonne و Eloise 2021)، وتقرير مراجعة معايير جودة الهواء في دول الشرق الأوسط (Faridi وآخرون 2023)، فإن 19 دولة فقط من أصل 54 دولة أفريقية عضو في الأمم المتحدة لديها تشريع يحتوي على معايير جودة الهواء المحيط. هذه الدول هي الجزائر، بنين، بوركينا فاسو، ساحل العاج، مصر، إسواتيني، غامبيا، غانا، كينيا، موريشيوس، المغرب، موزمبيق، نيجيريا، رواندا، السنغال، جنوب إفريقيا، السودان، تونس، وتنزانيا (**الشكل 2**).



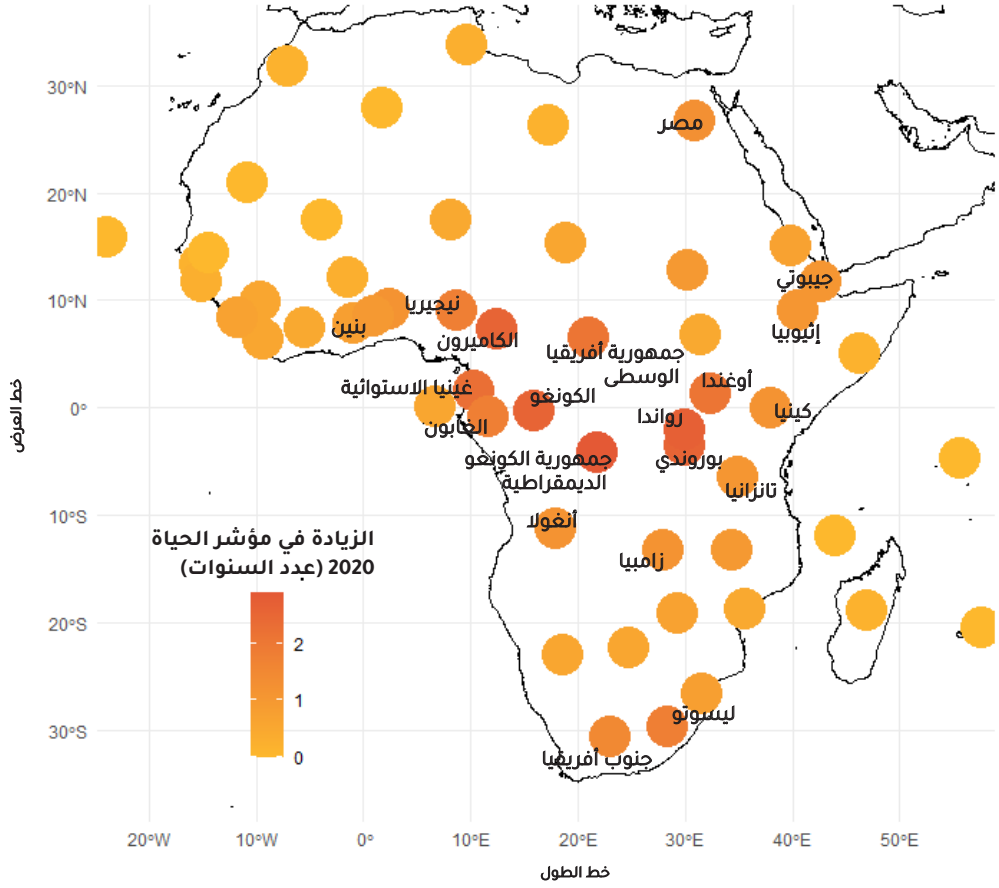
الشكل 2. الدول التي لديها أدوات تشريعية تحتوي على معايير جودة الهواء المحيط. (Misonne و Eloise 2021، Faridi وآخرون 2023) غرينبيس مستقلة سياسيًا ولا تتخذ مواقف في النزاعات الإقليمية. الحدود على الخرائط تعكس المتطلبات القانونية و/أو مصدر البيانات المستخدم.

العبء الصحي لتلوث الهواء على الصحة العامة

أُجريت دراسات قليلة حول تأثير تلوث الهواء على الصحة في إفريقيا مقارنةً بمناطق جغرافية أخرى؛ فقد أظهر تحليل الدراسات الأكاديمية أنه لم تُجر أي دراسات وبائية تقيم التعرض طويل الأمد لتلوث الهواء بالجزيئات الدقيقة والوفيات للسكان الأفارقة (Greenstone 2023 و Hasenkopf). حدد هذا التحليل 24 دراسة من هذا النوع لسكان آسيا، و60 في أوروبا والولايات المتحدة وكندا.

أن التعرض لتلوث الهواء هو ثاني أكبر عامل خطر مسبب للوفاة في إفريقيا

ومع ذلك، باستخدام بيانات وبائية من مناطق أخرى، بجانب البيانات الديموغرافية وبيانات جودة الهواء الأفريقية، يمكن تقدير عبء الأمراض الناجم عن تلوث الهواء في إفريقيا. تشير هذه التحليلات إلى أن التعرض لتلوث الهواء هو ثاني أكبر عامل خطر مسبب للوفاة في إفريقيا (HEI 2022)، وفي حالة تحقق إرشادات منظمة الصحة العالمية، يمكن تحقيق مكاسب كبيرة في مؤشر الحياة (**الشكل 3**). في وسط إفريقيا وشرقها وجنوبها وغربها وشمالها، من المتوقع أن تكون زيادات مؤشر الحياة كبيرة تبلغ 2.9 سنوات (جمهورية الكونغو الديمقراطية)، 2.7 سنوات (رواندا)، 1.8 سنوات (ليسوتو)، 1.8 سنوات (نيجيريا) أو 1.3 سنوات (مصر) على التوالي إذا تم الالتزام بإرشادات منظمة الصحة العالمية في عام 2021 (Greenstone 2023 و Hasenkopf) .

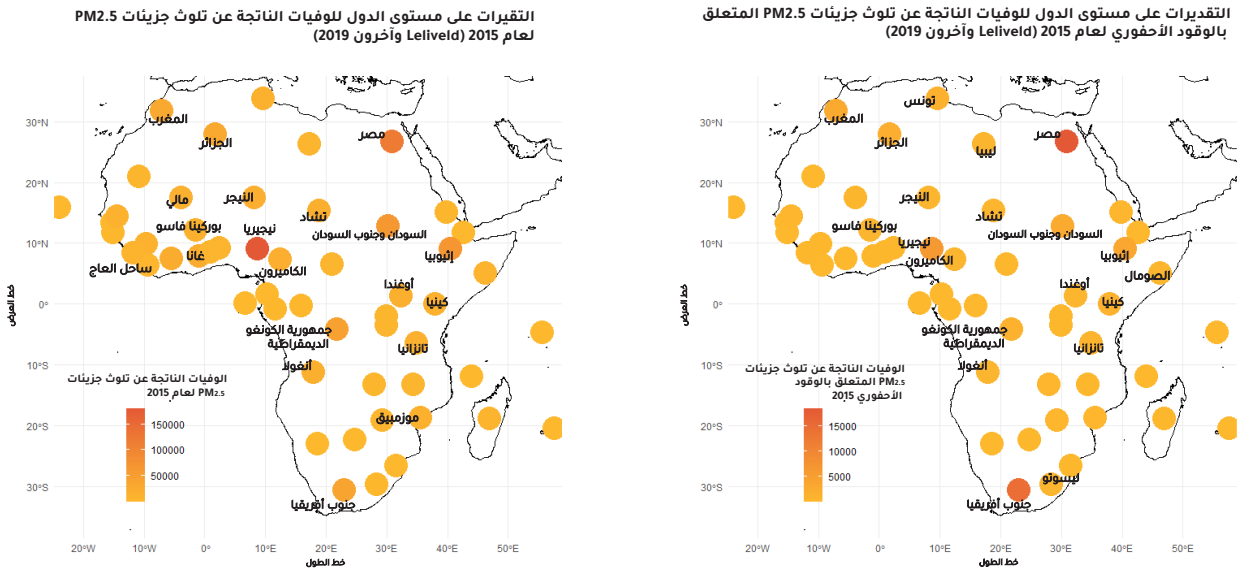


الشكل 3. الزيادة في مؤشر الحياة التي يمكن توقعها إذا تم تحقيق إرشادات منظمة الصحة العالمية في عام 2021 (Greenstone و Hasenkopf 2023)

تتفاوت التقديرات حول عدد الوفيات المبكرة التي يمكن نسبها إلى تلوث الهواء وفقًا للملوثات المعتبرة، ومصادر التلوث المشمولة، والقرارات المنهجية التي اتخذها الباحثون في دراساتهم. في عام 2022، أفاد معهد تأثيرات الصحة (Health Effects Institute) أن تلوث الهواء ساهم في حوالي 1.1 مليون حالة وفاة في إفريقيا، مع ربط 63% منها بالتعرض لتلوث الهواء المنزلي (HEI ،2022). قدر Farrow وآخرون (2020) 89,000[3] حالة وفاة في إفريقيا بسبب ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 والأوزون O_3 وجزيئات $PM_{2.5}$ المتعلقة بالوقود الأحفوري في عام 2019، بينما قدر Leliveld وآخرون (2019) الوفيات في عام 2015 من جميع التعرض للجزيئات $PM_{2.5}$ ومن التعرض للجزيئات $PM_{2.5}$ المتعلق بالوقود الأحفوري لتكون 956,000[4] و67,000[5] على التوالي. استخدم تحليل Vohra وآخرون (2021) نهجًا يأخذ في الاعتبار السمية المتنوعة لأنواع مختلفة من الجزيئات الدقيقة. قدر هذا العمل 194,000[6] حالة وفاة مبكرة في إفريقيا بسبب جزيئات $PM_{2.5}$ المتعلق بالوقود الأحفوري في عام 2012.

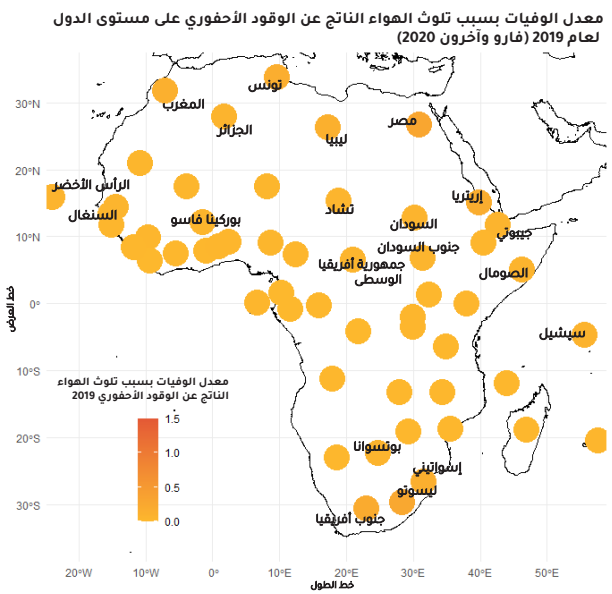
[3] فاصل الثقة 95%: من 58,000 إلى 131,000
[4] فاصل الثقة 95%: من 751,000 إلى 1,145,000
[5] فاصل الثقة 95%: من 54,000 إلى 79,000
[6] فاصل الثقة 95%: من 237,000– إلى 457,000

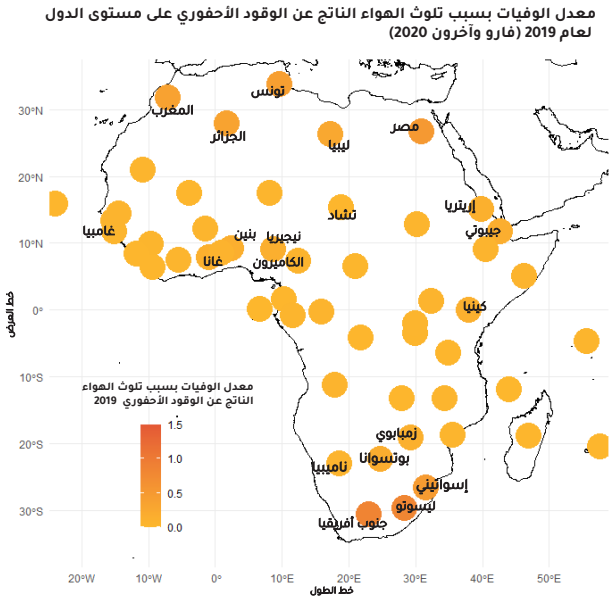
يرجع هذا التنوع الواسع في التقديرات إلى نقص البيانات الوبائية في الأماكن ذات تركيزات عالية جدًا من جزيئات PM2.5 (أي ما يفوق مستوى 50 ميكروغرام لكل متر مكعب)؛ ويزداد عدم اليقين لأن تقديرات الوفيات تحتاج إلى استقراء من دراسات نظرت في تركيزات أقل للملوثات. يتم تقديم تقديرات الوفيات على مستوى الدولة من هذه الدراسات في **الشكل 4** والملاحق **A2-A1**.

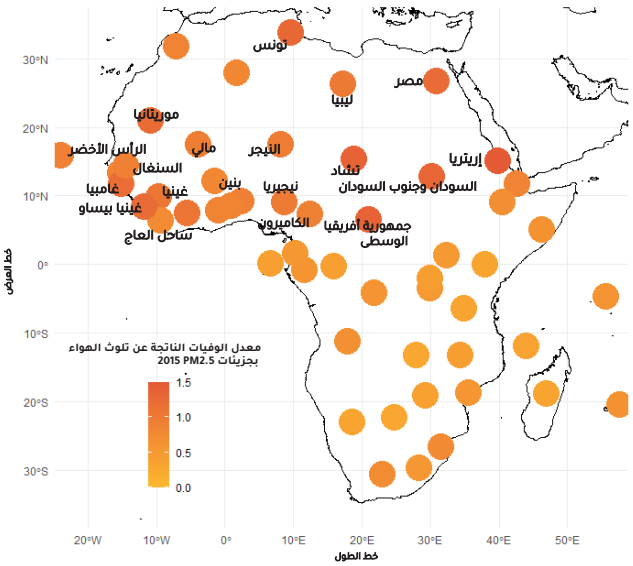


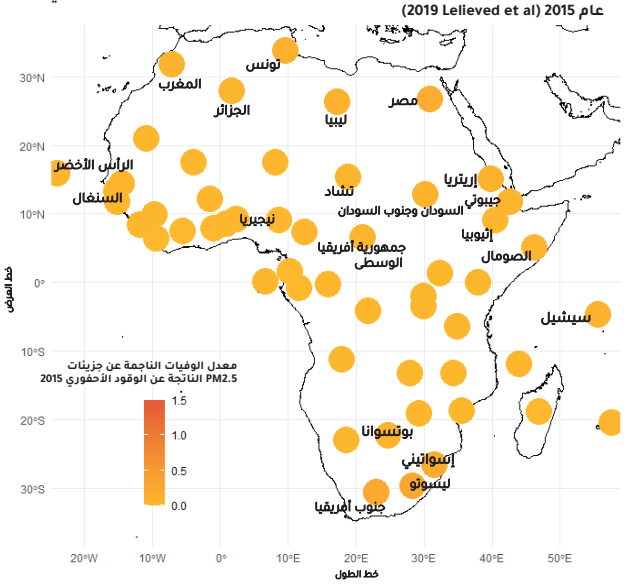
الشكل 4: التقديرات على مستوى الدول للوفيات الناتجة عن تلوث جزيئات PM2.5 (على اليسار) وتلوث جزيئات PM2.5 المتعلق بالوقود الأحفوري (على اليمين) لعام 2015 (Leliveld وآخرون 2019)

على الرغم من أن هذه التقييمات تختلف في حجمها، إلا أنها جميعًا تتفق على أن **عددًا كبيرًا من الوفيات المبكرة تحدث سنويًا في إفريقيا نتيجة التعرض لتلوث الهواء. وُجد أن مصر ونيجيريا وجنوب إفريقيا تتحمل أعباء كبيرة من الأمراض**، بما في ذلك عندما يتم النظر فقط في مصادر الوقود الأحفوري في عدة دراسات (Leliveld وآخرون 2019، Vohra وآخرون 2021). عند التعديل وفقًا لعدد سكان البلد، تمتلك الدول الأفريقية الشمالية وجنوب إفريقيا وجيرانها أعلى معدلات وفيات بسبب تلوث الهواء المتعلق بالوقود الأحفوري (**الشكل 5**). قد تكون تقديرات العبء المرضي مرتفعة جدًا،حيث على سبيل المثال يعتبر الغبار المنقول بالرياح ملوثًا مهمًا في غرب إفريقيا جنوب الصحراء. الغبار المنقول بالرياح قد يكون أقل سمية من مصادر أخرى (Lin وآخرون 2019؛ Meng وآخرون 2019؛ وكالة حماية البيئة الأمريكية 2019؛ منظمة الصحة العالمية WHO 2013).









الشكل 5: التقديرات على مستوى الدول لمعدلات الوفيات لكل 1000 شخص بسبب ثاني أكسيد النيتروجين NO_2، الأوزون، وجزيئات $PM_{2.5}$ المرتبطة بالوقود الأحفوري في عام 2019 (أعلى اليسار، Farrow وآخرون 2020)، الناتجة عن تلوث جزيئات $PM_{2.5}$ المتعلق بالوقود الأحفوري في عام 2012 باستخدام وظائف استجابة التركيز المحدثة (أعلى اليمين، Vohra وآخرون 2021)، وفي عام 2015 للتعرض الكلي (أسفل اليسار) والتعرض لجزيئات $PM_{2.5}$ المتعلق بالوقود الأحفوري (أسفل اليمين) (Leliveld وآخرون 2019).

من المتوقع أن يزداد تلوث الهواء الخارجي في إفريقيا سوءًا ما لم يتم اتخاذ تدخلات عاجلة. يتوقع برنامج الأمم المتحدة للبيئة ارتفاع عدد الوفيات المبكرة المرتبطة بتلوث الهواء الخارجي من 930,000 في عام 2030 إلى 1.6 مليون في عام 2063 (UNEP,2022). قد يؤدي النمو الاقتصادي والنمو السكاني والتحضر الفوضوي ونقص التشريعات البيئية إلى تفاقم الأثر البيئي والصحي على الإنسان. يمكن أن تساعد القوانين والتشريعات البيئية، بما في ذلك تنظيم جودة الهواء والانبعاثات، جنبًا إلى جنب مع تحسين الوصول إلى الطاقة النظيفة والمتجددة، في تقليل اللامساواة وتحسين رفاه وصحة السكان في إفريقيا.

© Igor / Adobe Stock

تلوث الهواء المنزلي

يحقق هذا التقرير في أكبر مصادر التلوث التي يحدثها الإنسان والصناعات الملوثة المهمة في إفريقيا. يركز التقرير على تحديات جودة الهواء الناجمة عن القوى الصناعية الكبرى وصناعة الوقود الأحفوري. ومع ذلك، فإن نوعًا مهمًا من تلوث الهواء في جميع أنحاء إفريقيا المسؤول عن الآثار الصحية هو ذلك الذي يتولد داخل المنازل.

تستخدم نسب كبيرة من العائلات الوقود الصلب للطهي، 95% منهم في شرق إفريقيا، 83% في غرب إفريقيا، 77% في وسط إفريقيا، 32% في جنوب إفريقيا و 13% في شمال إفريقيا. تتناقص هذه النسب، ولكن عدد الأشخاص المعرضين لانبعاثات الوقود الصلب في منازلهم لا يزال يزداد في بعض البلدان (HEI 2022). نمت الكمية الإجمالية للوقود الحيوي المحترق في المساكن في دول شرق وغرب وجنوب ووسط إفريقيا. أصبحت الآن المصدر الرئيسي لانبعاثات الجزيئات الكربونية وأول أكسيد الكربون والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (Keita وآخرون 2021).

قد يتسبب حرق الفحم والخشب والروث وبقايا المحاصيل الزراعية والكيروسين بين أنواع الوقود الأخرى في المنازل في 63% من الوفيات الناتجة عن نوعية الهواء في إفريقيا سنويًا. من المؤسف أن الرضع والأطفال دون سن الخامسة غالبًا ما يكونون الأكثر عرضة لتلوث الهواء المنزلي، جزئيًا بسبب الوقت الذي يقضونه في المنزل (HEI 2022). كما أن كبار السن معرضون للتأثيرات الأسوأ لتلوث الهواء الداخلي، وغالبًا ما يتحملون أعباء رعاية الأطفال التي تتطلب منهم البقاء في المنزل.

لا يتمتع معظم العائلات بالوصول إلى الطاقة النظيفة والمتجددة للطهي. هناك حاجة إلى تدابير سياسية أقوى لتوفير الوصول إلى الوقود النظيف للعائلات المحتاجة. يجب على الحكومات تشجيع حلول الطهي النظيفة والمتجددة والميسورة التكلفة مع سياسات مبنية على أدلة تلبي الاحتياجات الثقافية والاجتماعية والجندرية المحلية والتي يدعمها التمويل الكافي (الأمم المتحدة، 2018).

في النهاية، سيساعد الوصول إلى الكهرباء والطاقة النظيفة والمحلية ميسورة التكلفة في تقليل اعتماد الأسر على الوقود الأحفوري والصلب.

ما هي أهم مصادر تلوث الهواء في إفريقيا؟

في جنوب إفريقيا وحدها، يساهم إنتاج الطاقة بنسبة 23% من عبء جزيئات $PM_{2.5}$

مصادر تلوث الهواء في إفريقيا تشترك في العديد من الخصائص مع بقية العالم، ولكن هناك اختلافات مهمة على مستوى القارة والدولة والمستوى المحلي في أنواع المصادر والمساهمة التي يقدمها كل مصدر.

على سبيل المثال، ذكر معهد تأثيرات الصحة في عام 2022 أن مساهمة الوقود الحيوي الصلب في التلوث بالجزيئات الدقيقة ضئيلة في شمال إفريقيا مقارنة بإفريقيا جنوب الصحراء. في جنوب إفريقيا، يساهم استخدام الوقود الأحفوري بنسبة كبيرة نسبيًا من الجزيئات الدقيقة، بنسبة 40%. في جنوب إفريقيا وحدها، يساهم إنتاج الطاقة بنسبة 23% من عبء جزيئات $PM_{2.5}$.

تشمل المصادر المهمة للتلوث في إفريقيا مصادر طبيعية وأُخرى مصنوعة بواسطة الإنسان أو مزيجًا من الاثنين. تشمل المصادر البشرية حرق الوقود الصلب، إنتاج الطاقة بالوقود الأحفوري، الصناعة بما في ذلك التعدين، النقل، الأنشطة الزراعية، وحرق النفايات. تشمل المصادر الطبيعية وشبه الطبيعية الحرائق البرية، ملح البحر، والغبار المنقول بالرياح (HEI 2022).

بيانات الأقمار الصناعية

المراقبة الأرضية لتلوث الهواء قليلة في العديد من مناطق إفريقيا، ولكن الملاحظات من الأقمار الصناعية يمكن أن تساعد في سد الفجوات. يمكن للأقمار الصناعية مراقبة المناطق التي لا يوجد بها بيانات متوفرة مباشرة. على سبيل المثال، يمكن استخدام جهاز تصوير الطيف الوسيط الذي يعمل على الأقمار الصناعية التابعة لناسا (MODIS) لمراقبة الغبار في الغلاف الجوي للأرض، بينما يوفر جهاز مراقبة الأوزون (OMI)، جناح رسم الخرائط والتنميط الأوزون (OMPS)، وجهاز Tropomi التابع لوكالة الفضاء الأوروبية بيانات عن الملوثات الجوية مثل NO_2 و SO_2.

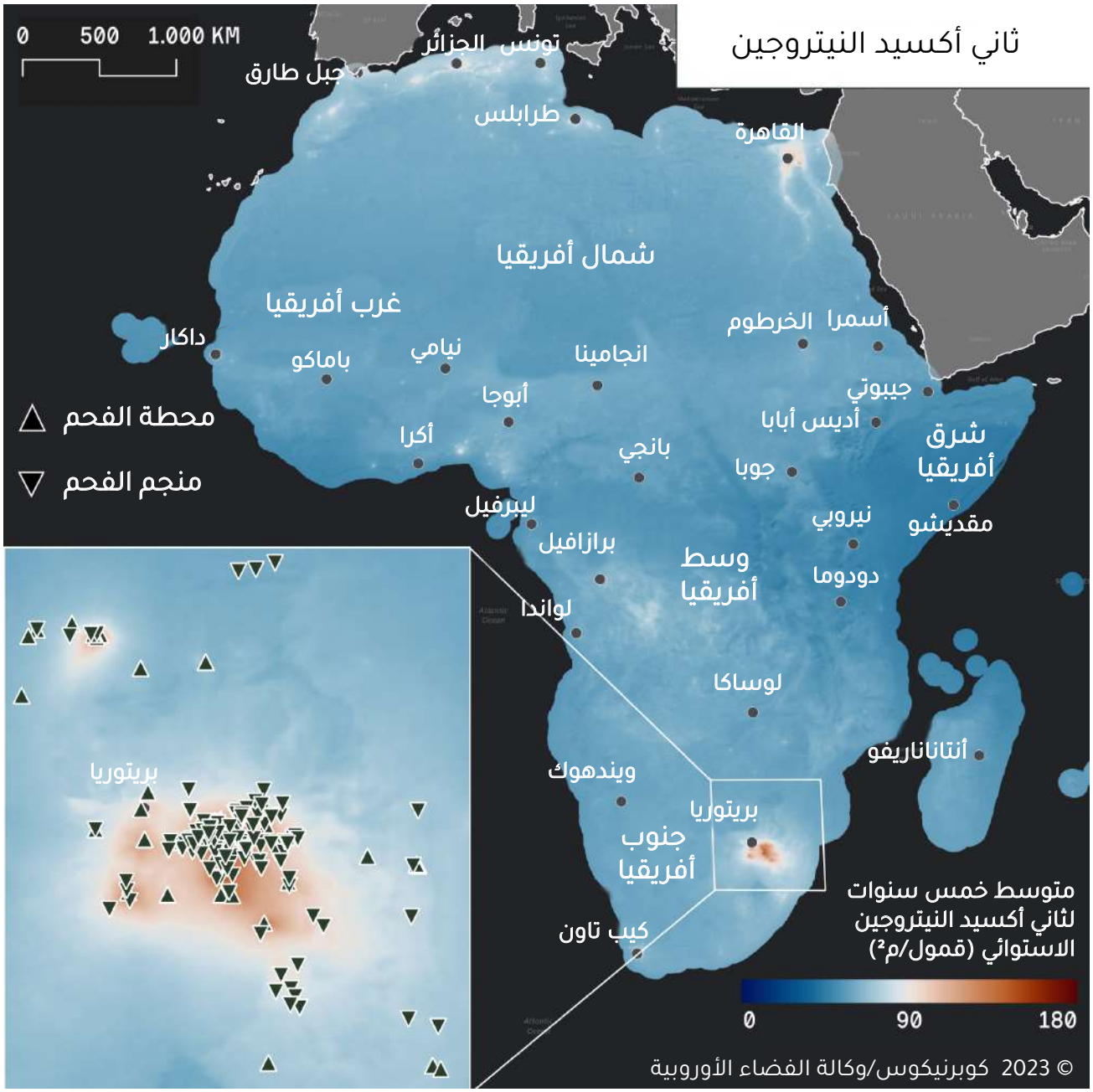
يمكن لهذه الملاحظات القائمة على المراقبة الفضائية تقدير كمية التلوث في الغلاف الجوي فوق نقاط معينة على سطح الأرض. يُسمى هذا القياس بكمية العمود (Column Amount). كمية العمود ليست قياسًا للتركيز بالقرب من مستوى الأرض أو كمية التلوث الذي يتم إصداره. بدلاً من ذلك، يجب تفسير هذه البيانات لتقدير التركيزات أو الانبعاثات. تعتبر بيانات الأقمار الصناعية محدودة بسبب ضوضاء دقة البيانات والتشوهات، ويتم اكتشاف المصادر الكبيرة فقط وتقديرها بشكل موثوق.

تم استخدام هذه البيانات الفضائية للكشف عن أكبر مصادر الغبار المعدني في الأرض، التي خلال صيف نصف الكرة الشمالي تتمثل في صحاري الشرق الأوسط وشمال إفريقيا (Chappell وآخرون 2023) ولإظهار وجود بؤر تلوث جوي كبيرة فوق منطقة مبومالانجا في جنوب إفريقيا حيث يتم تعدين الفحم وحرقه للطاقة. لا تعتمد هذه الأساليب على معرفة مسبقة بمواقع المصادر، مما يعني أنها يمكن أن تكشف عن مصادر جديدة أو تلك التي تفتقد من مصادر بيانات أخرى.

© Shayne Robinson / Greenpeace

© Zamrznuti tonovi / Adobe Stock

ثاني أكسيد النيتروجين



الشكل 6. ثاني أكسيد النيتروجين المرصود بالأقمار الصناعية (mol/m²) باستخدام جهاز الأقمار الصناعية TROPOMI، متوسط الأعوام 2018-2023 (المصادر: van Geffen وآخرون 2019، 2022، Global Coal Plant Tracker 2023؛ خريطة تفاعلية تم تطويرها باستخدام Google Earth Engine ومتاحة على الرابط التالي: https://peatfires-153915.projects.earthengine.app/view/afrs5#timelapse=Show%20timelapse;aoi=all

ثاني أكسيد النيتروجين هو ملوث جوي ضار ينتج عن عمليات الاحتراق تقريبًا بكل أنواعها، بما في ذلك محطات توليد الطاقة التي تعمل بالوقود الأحفوري، ومحركات السيارات التي تعمل بالبنزين والديزل، أو الحرائق البرية. يوفر ثاني أكسيد النيتروجين إشارة من المواقع التي يتم فيها حرق كميات كبيرة من الوقود يمكن كشفها من الفضاء (**الشكل 6**)، مما يمنع المصادر الكبيرة للتلوث من البقاء غير مكتشفة. يمكن لثاني أكسيد النيتروجين أيضًا أن يتفاعل مع مواد كيميائية أخرى في الغلاف الجوي ويسبب تلوث الجزيئات الدقيقة.

استخدم Beirle وآخرون (2023) بيانات من جهاز الأقمار الصناعية TROPOMI، van Geffen) وآخرون 2019، 2022) والتي تغطي الفترة من مايو 2018 إلى نوفمبر 2021 لتصنيف انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين من 1139 مصدرًا رئيسيًا للانبعاثات. تتطابق العديد من المواقع المحددة في التحليل مع محطات الطاقة الحرارية، ومصانع الأسمنت، ومصاهر المعادن، والمناطق الصناعية، والمناطق الحضرية. **ومن بين عشرة أكبر مصادر نقطية للانبعاثات على مستوى العالم، يقع ستة منها في إفريقيا، وجميعها في جنوب إفريقيا** (الشكل 7-8). **أكبر عشرة مصادر نقطية محددة في إفريقيا هي كلها محطات طاقة حرارية، تسعة منها في جنوب إفريقيا** وتملكها شركة Eskom Holdings SOC Ltd، وهي شركة خدمات عامة تمتلك حكومة جنوب إفريقيا كل أسهمها. العاشر هو المنطقة حول محطات الطاقة Azito OCGT (تعمل وفق توربينات الغاز دورة مفتوحة) و Vridi CIPREL OCGT في ساحل العاج (الجدول 2، الشكل 7).

من بين عشرة أكبر مصادر نقطية للانبعاثات على مستوى العالم، يقع ستة منها في إفريقيا، وجميعها في جنوب إفريقيا

© trancedrumer / Adobe Stock

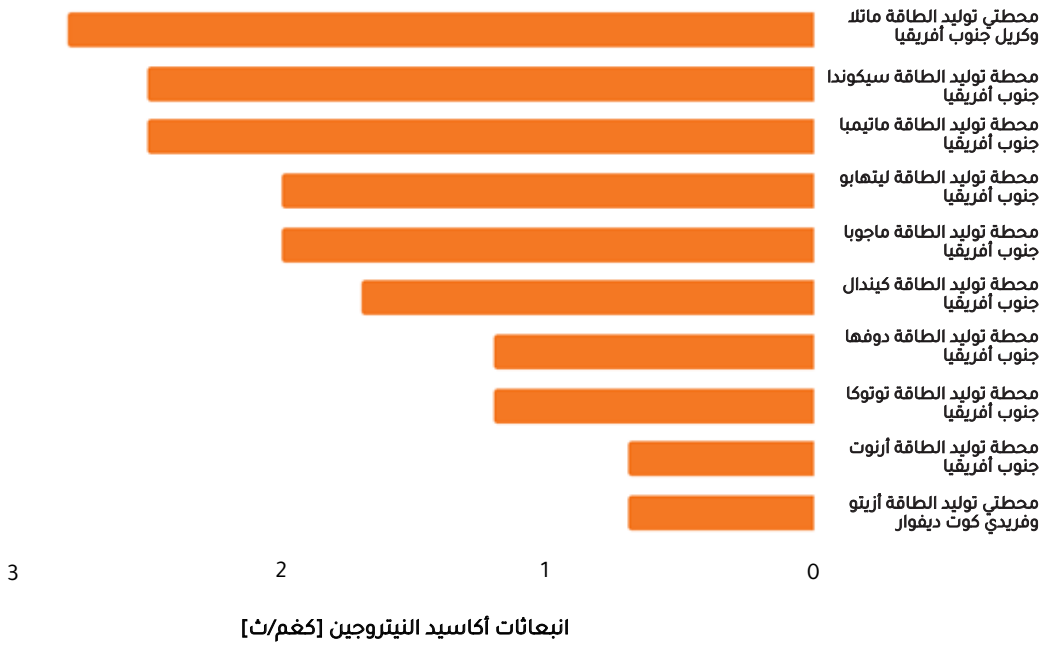
الجدول 2. أكبر عشرة مصادر نقطية لـ NOx في إفريقيا، من مايو 2018 إلى نوفمبر 2021

الرتبة	المصادر النقطية المتوافقة مع البؤر الساخنة التي رصدتها الأقمار الصناعية (محطات الطاقة)	الدولة	انبعاثات NOx [كجم/ثانية]
1	محطة ماتلا لتوليد الطاقة بالفحم؛ محطة كريل للطاقة	جنوب إفريقيا	2.8
2	محطة سيكوندا لتحويل الفحم إلى سوائل (CTL)	جنوب إفريقيا	2.5
3	محطة ماتيمبا لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	2.5
4	محطة ليثابو لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	2.0
5	محطة ماجوبا لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	2.0
6	محطة كيندال لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	1.7
7	محطة دوفها لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	1.2
8	محطة توتوكا لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	1.2
9	محطة أرنوت لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	0.7
10	المصادر تشمل محطة أزيتو OCGT لتوليد الطاقة بالغاز ومحطة فيردي CIPREL OCGT لتوليد الطاقة بالغاز	كوت ديفوار	0.7

المصادر: Beirle وآخرون 2023 للانبعاثات والمواقع؛ Eskom 2023، Azito Energie 2015، Ciprel 2023، Sasol 2023 للوقود والملكية.

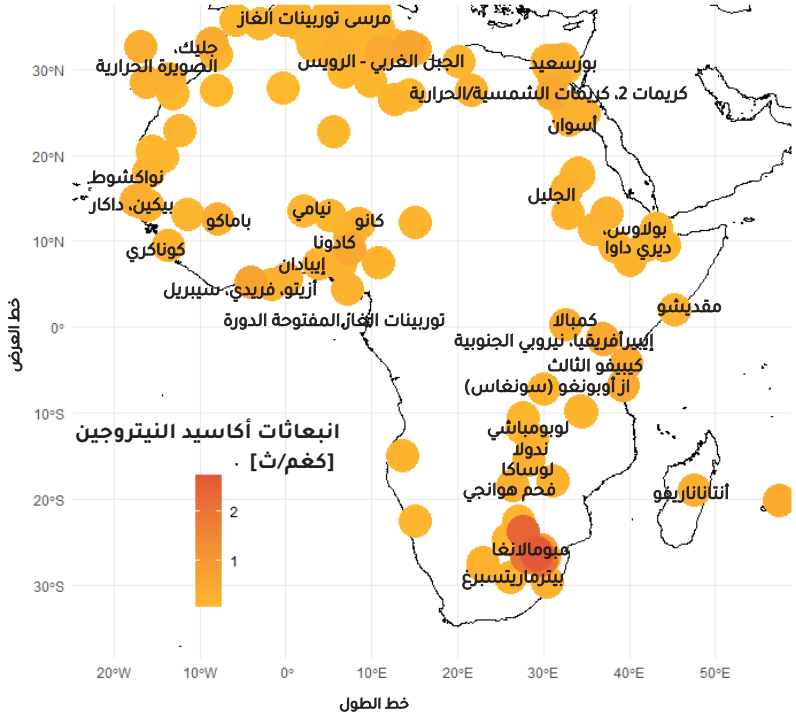
© Ankor light / Adobe Stock

© mdsagor / Adobe Stock



الشكل 7. أكبر عشرة مصادر نقطية لملوثات الكسيدات النيتروجين NOx من مايو 2018 إلى نوفمبر 2021 (Beirle وآخرون 2023)

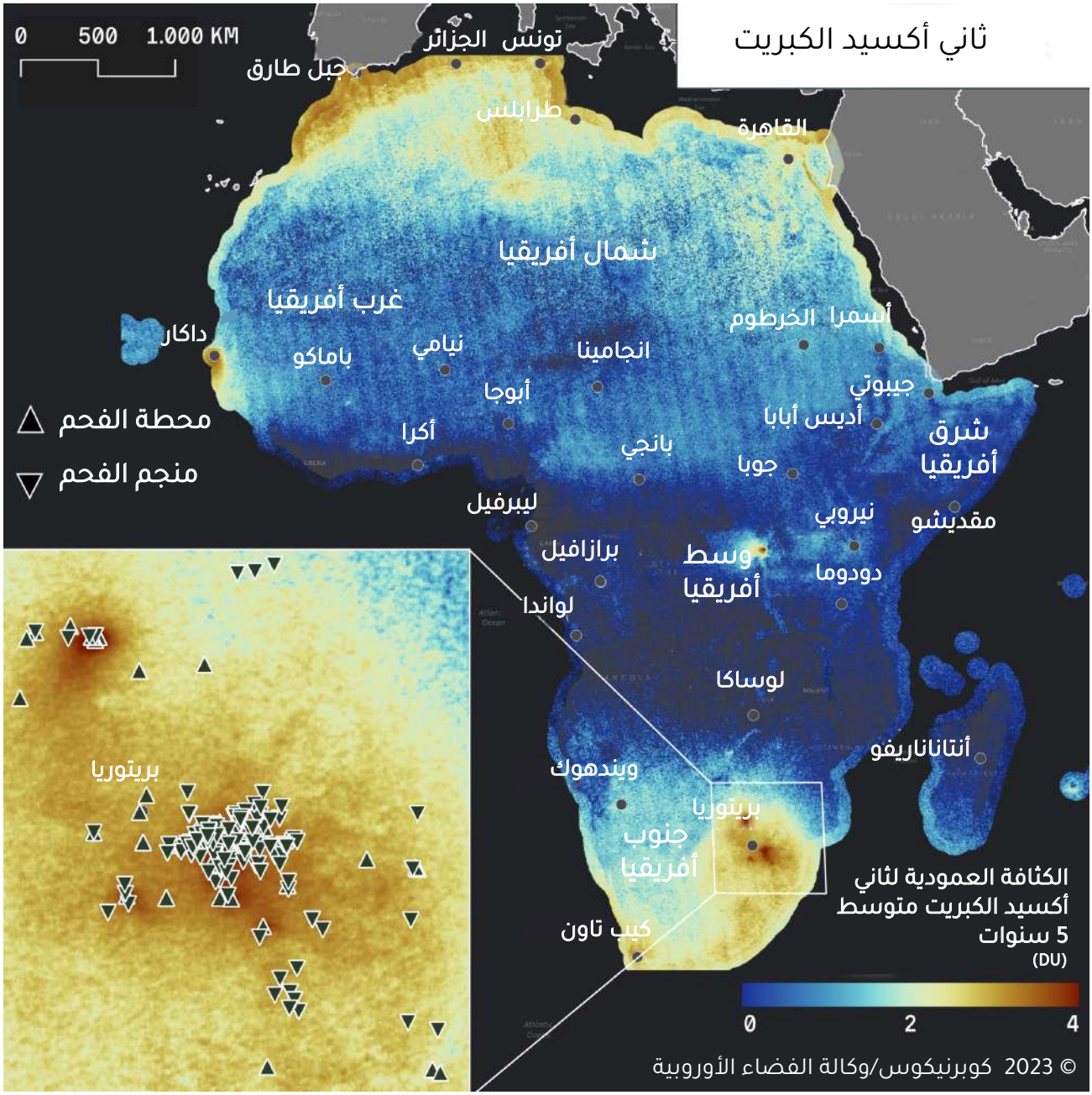
مصادر NOx النقطية في إفريقيا من مايو 2018 إلى نوفمبر 2021 (Beirle وآخرون 2023)



الشكل 8. مصادر NOx النقطية في إفريقيا من مايو 2018 إلى نوفمبر 2021 (Beirle وآخرون 2023). للوضوح لم يتم تسمية جميع المصادر النقطية.

© Zamrznuti tonovi / Adobe Stock

ثاني أكسيد الكبريت



الشكل 9. ثاني أكسيد الكبريت المرصود بواسطة الأقمار الصناعية (وحدات دوبسون)، متوسط جهاز الأقمار الصناعية TROPOMI للأعوام 2018-2023 (المصادر: van Geffen وآخرون 2019، 2022، Global Coal Plant Tracker 2023 ؛ خريطة تفاعلية تم تطويرها باستخدام Google Earth Engine ومتاحة على الرابط التالي:
https://peatfires-153915.projects.earthengine.app/view/afrs5#timelapse=Show%20timelapse;aoi=all

ينتج ثاني أكسيد الكبريت SO_2 عن طريق حرق ومعالجة المواد التي تحتوي على الكبريت، بما في ذلك من قبل البنية التحتية للنفط والغاز، في محطات توليد الطاقة العاملة بالفحم، وأثناء معالجة بعض خامات المعادن. يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع مواد أخرى لتشكيل مركبات ضارة، مثل حمض الكبريتيك Sulphuric Acid، حمض الكبريتوز Sulphurous Acid، وجزيئات الكبريتات. لذلك، يُعد ثاني أكسيد الكبريت سببًا للأمطار الحمضية وتلوث الجزيئات الدقيقة.

على مستوى العالم، تفوق انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت الناتجة عن الأنشطة البشرية تلك الآتية من المصادر الطبيعية مثل البراكين، مما يعني أن ثاني أكسيد الكبريت، مثل ثاني أكسيد النيتروجين، يمكن رصده من الفضاء واستخدام النسب المرصودة لتحديد المواقع التي يتم فيها حرق كميات كبيرة من الوقود الكبريتي مثل تلك الصادرة عن محطات الطاقة التي تعمل بالفحم والنفط، المنشآت الصناعية، والمركبات (الشكل 9).

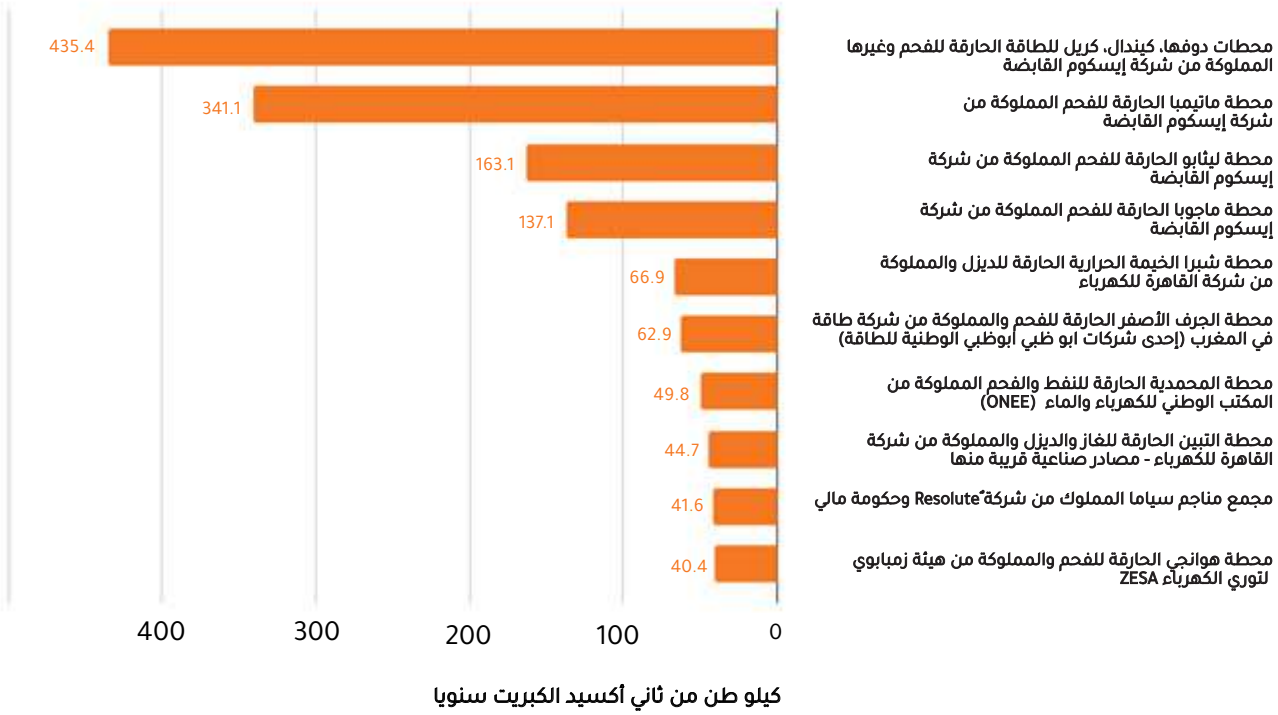
تنشر وكالة الفضاء الأمريكية الوطنية (NASA) كل عام تقريراً عن البؤر الساخنة لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (Fioletov وآخرون 2023). تستخدم النسخة الثانية من هذا التقرير (وهي النسخة الحالية)، بيانات مصدرها جهاز مراقبة الأوزون (OMI)، وجناح رسم الخرائط والتنميط الأوزون (OMPS)، وجهاز المراقبة الجوي (TROPOMI). يقسم التقرير مصادر ثاني أكسيد الكبريت إلى أربع فئات، فئة طبيعية واحدة "البراكين" وثلاث فئات بشرية "محطة الطاقة"، "النفط والغاز"، و"المصاهر". يغطي التقرير الفترة من 2005 إلى 2021 ويشمل مجموعة من 759 مصدرًا نقطيًا ينبعث منها الكبريت بشكل مستمر. من بين أكبر عشر بؤر نشيطة لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت المحددة في العالم، هناك اثنتان في إفريقيا، وكلتاهما في جنوب إفريقيا. المصادر الأكبر فقط هي مصهر نوريلسك في روسيا، ومنشأتين نفط وغاز في إيران واثنتين في المكسيك. من بين البؤر الساخنة المحددة في التحليل، هناك 23 مصدرًا بشريًا في القارة الأفريقية، معظمها مصادر محطات طاقة (الشكل 10 والشكل 11).

© trancedrumer / Adobe Stock

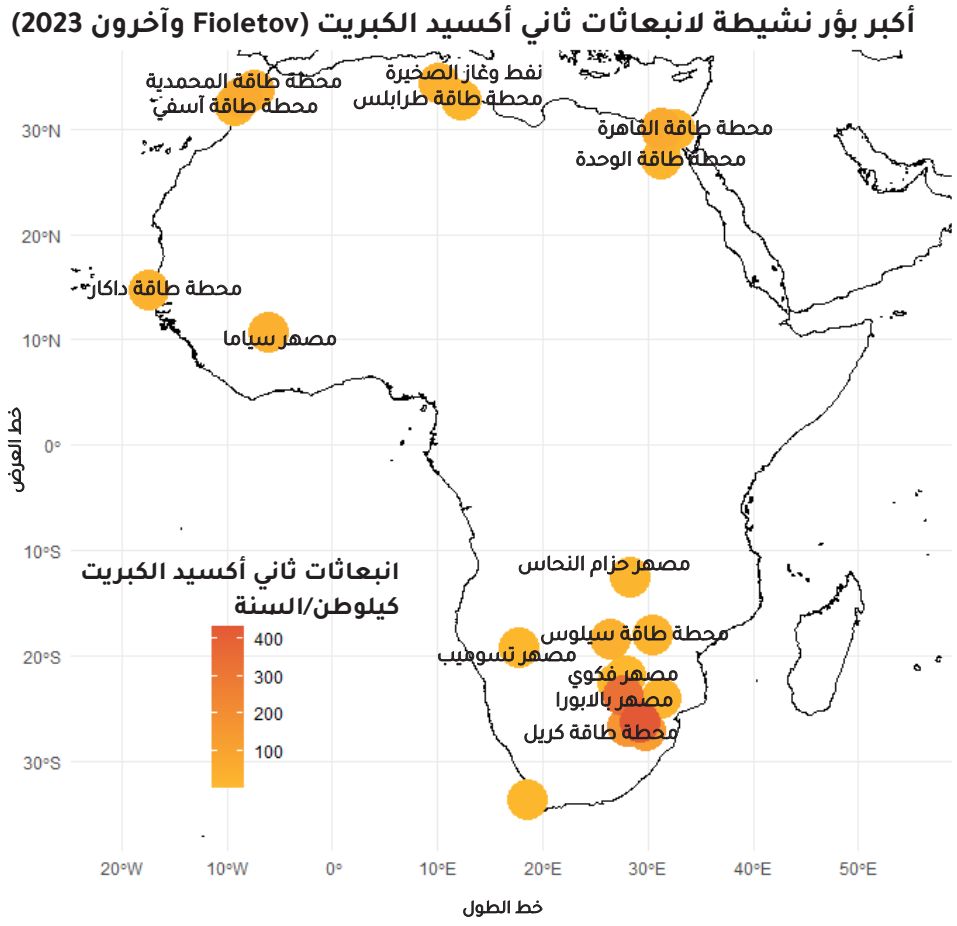
الجدول 3. أكبر عشرة مصادر نقطية لانبعاثات ثاني أكسي الكبريت SO_2 في إفريقيا، 2022

الرتبة	المصادر النقطية المتوافقة مع البؤر النشيطة التي رصدتها الأقمار الصناعية (محطات الطاقة والمصاهر)	الدولة	انبعاثات SO_2 [كيلوطن/السنة]
1	محطات دوفها وكيندال وكريل لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	435.4
2	محطة ماتيمبا لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	341.1
3	محطة ليثابو لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	163.1
4	محطة ماجوبا لتوليد الطاقة بالفحم	جنوب إفريقيا	137.1
5	محطة شبرا الخيمة للطاقة بالغاز الأحفوري / ديزل	مصر	66.9
6	محطة جرف الصفر لتوليد الطاقة بالفحم	المغرب	62.9
7	محطة محمدية لتوليد الطاقة بالفحم والنفط	المغرب	49.8
8	محطة الطيبة للطاقة بالغاز الأحفوري / ديزل	مصر	44.7
9	مجمع منجم سياما	مالي	41.6
10	محطة هوانجي لتوليد الطاقة بالفحم	زيمبابوي	40.4

المصادر: الانبعاثات والمواقع، Fioletov وآخرون 2023؛ الوقود والملكية، Eskom 2023، Cairo Electricity Production Company 2023، TAQA Morocco 2022، Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable (ONEE) 2014، Global Energy Monitor 2023، Resolute 2023.



الشكل 10. أكبر مصادر نقطية لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 في إفريقيا، 2022 (Fioletov وآخرون 2023)



الشكل 11. أكبر بؤر نشيطة لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2، طبيعية وصناعية (Fioletov وآخرون 2023). أنواع المصادر وأسمائها مقدمة من Fioletov وآخرون (2023)؛ للوضوح لم يتم تسمية جميع المصادر النقطية.

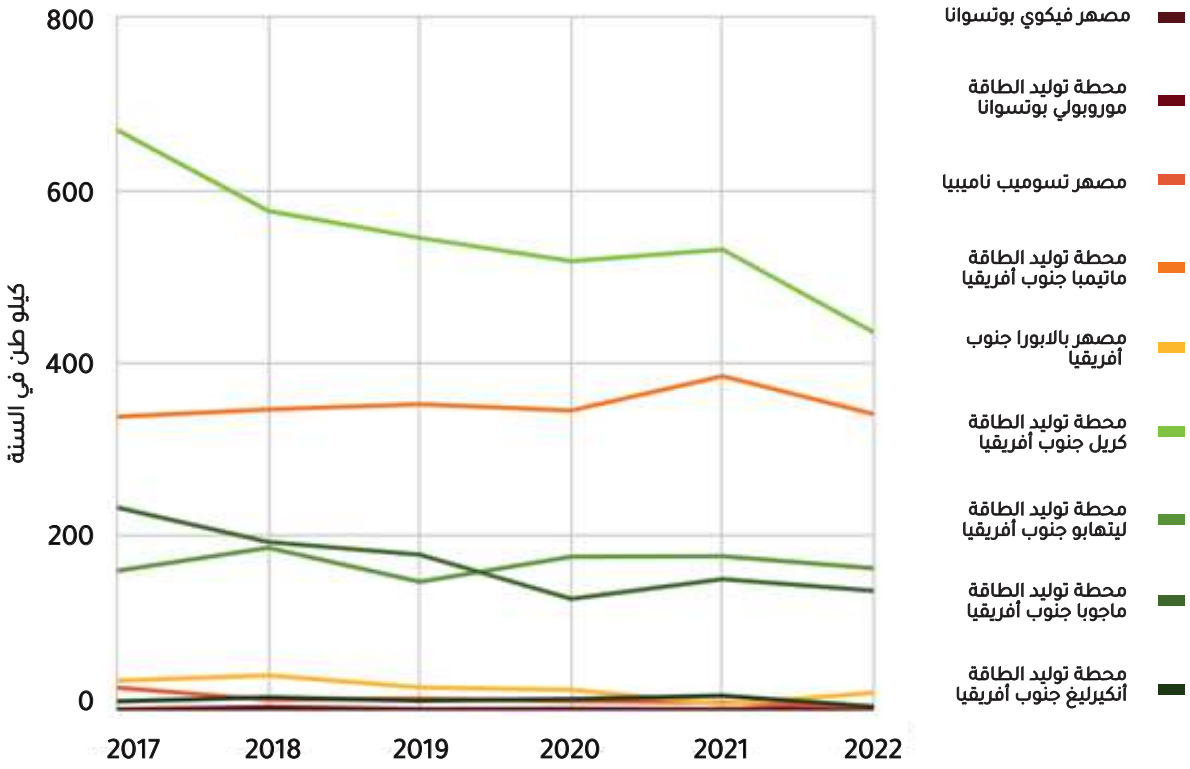
من بين أكبر عشر بؤر نشيطة لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 في إفريقيا، هناك أربعة في جنوب إفريقيا. هذه البؤر النشيطة تتطابق مع محطات الطاقة القائمة على الفحم التي تملكها شركة Eskom Holdings SOC Ltd، وهي مؤسسة عمومية تمتلك حكومة جنوب إفريقيا كافة أسهمها. كما توجد اثنتان منها في مصر، واثنتان في المغرب، ولكل من مالي وزيمبابوي بؤرة نشيطة واحدة (**الجدول 3**).
في شمال إفريقيا يتضمن التقرير بؤرًا نشيطة تتوافق مع مصادر في مصر وليبيا والمغرب وتونس. في مصر، ترتبط هذه البؤرة بمحطة شبرا الخيمة للطاقة، محطة السويس الحرارية، وقطاع الصناعة بما في ذلك محطات الطاقة والصلب في الطيبة ومحطة أسيوط الوالدية للطاقة. في ليبيا والمغرب، ترتبط البؤر النشيطة بمحطات طرابلس والمحمدية وجرف الصفر والصافي للطاقة. في تونس، تتطابق الانبعاثات من قطاع النفط والغاز في الصخيرة مع البؤرة النشيطة.

في غرب إفريقيا يتضمن التقرير مصهر سياما في مالي، ومحطات الطاقة في داكار. في شرق إفريقيا يتضمن التقرير مصاهر في حزام النحاس في زامبيا، ومحطات الطاقة سيلوس وهوانجي في زيمبابوي. في جنوب إفريقيا يتضمن التقرير ثلاثة مصاهر في بوتسوانا وجنوب إفريقيا وناميبيا؛ ومحطات الطاقة في جنوب إفريقيا مثل ماتيمبا وكريل وليثابو وماجوبا وأنكرليج، ومحطة موروبولي للطاقة في بوتسوانا.

من بين أكبر عشر بؤر نشيطة لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 في إفريقيا، هناك أربعة في جنوب إفريقيا

© GP / Adobe Stock

من بين البؤر النشيطة الست لثاني أكسيد الكبريت SO_2 في جنوب إفريقيا المذكورة، كريل فقط لديها اتجاه طويل الأمد لانخفاض الانبعاثات. يُلاحظ أن انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 في البؤرة النشيطة المقابلة لبالابورا، وهي منجم نحاس كبير ومصهر ومجمع تكرير، زادت بنسبة 220% بين عامي 2021 و2022 على الرغم من أن الاتجاهات طويلة الأمد مستقرة. يظهر المجمع، الذي تديره شركة تعدين بالابورا في مقاطعة ليمبوبو في جنوب إفريقيا، تغيرًا قليلًا في الانبعاثات على مدى فترات زمنية أطول (**الشكل 12**).

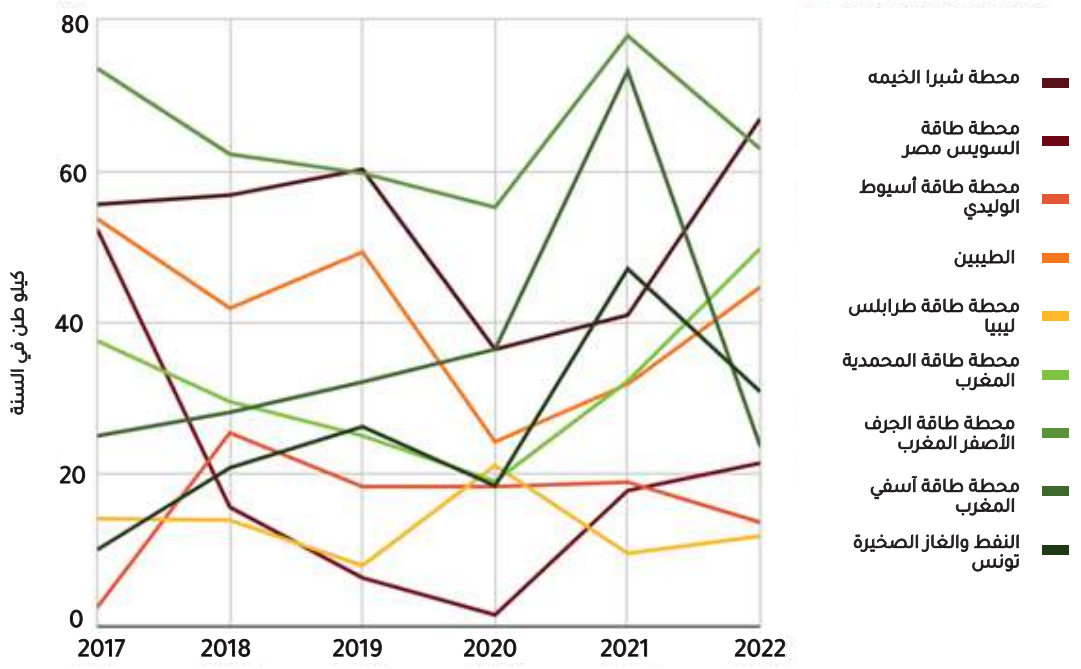


الشكل 12. التقديرات السنوية لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 للمصادر الرئيسية في جنوب إفريقيا (Fioletov وآخرون 2023)

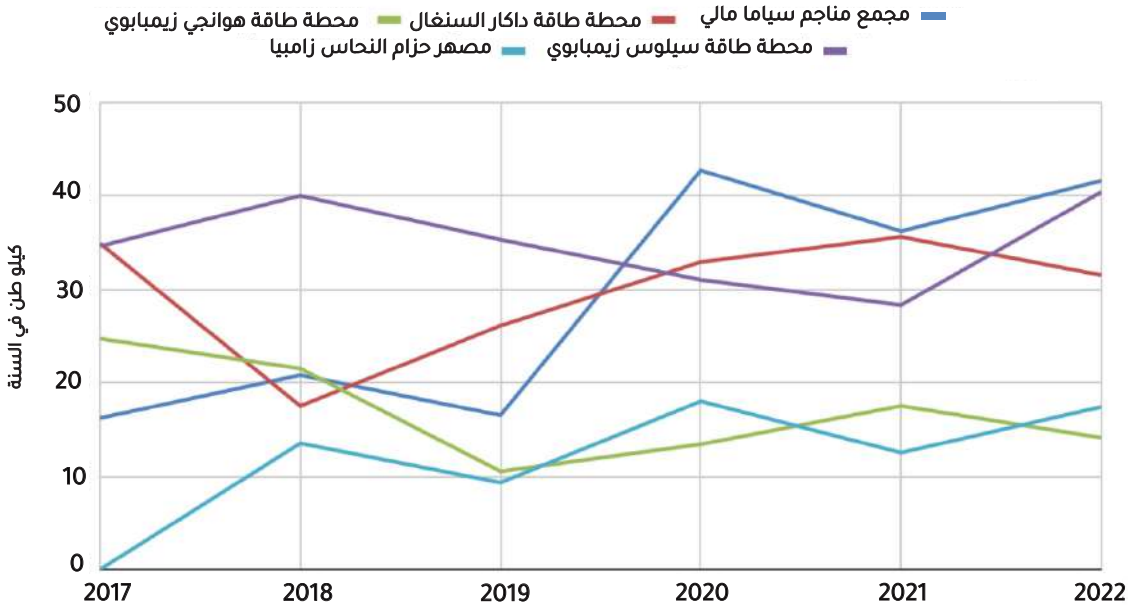
في شمال إفريقيا، لا تظهر الانبعاثات التي حددها Fioletov وآخرون (2023) اتجاهات واضحة طويلة الأمد (**الشكل 13**). من بين أربعة مصادر مدرجة في مصر، شهدت ثلاثة منها - وهي محطة شبرا الخيمة للطاقة؛ ومصنع التبين للصلب؛ ومحطة السويس للطاقة - زيادة كبيرة في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 بنسبة 63%، و40%، و20% على التوالي في عام 2022 مقارنة ببيانات عام 2021. كما شهدت محطة طاقة في طرابلس - ليبيا، أيضًا زيادة في الانبعاثات بنسبة 24%. من ناحية أخرى، شهدت محطة أسيوط الوليدية للطاقة انخفاضًا في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 بنسبة 28%. العام الماضي في المغرب، أظهرت بؤرتان نشيطتان لثاني أكسيد الكبريت SO_2 انخفاضًا. أظهرت محطة الطاقة في الصافي انخفاضًا كبيرًا بنسبة 67%، وشهدت محطة الطاقة الحرارية في جرف الصفر (JLEC) انخفاضًا بنسبة 19% في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مقارنة ببيانات عام 2021. ومع ذلك، أظهرت محطة المحمدية لتوليد الطاقة بالفحم زيادة بنسبة 54% في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 خلال نفس الفترة.

© Olga / Adobe Stock

© Afiraz / Adobe Stock



الشكل 13. التقديرات السنوية لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 للمصادر الرئيسية في شمال إفريقيا (Fioletov وآخرون 2023)



الشكل 14. التقديرات السنوية لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO_2 للمصادر الرئيسية في شرق وغرب إفريقيا (Fioletov وآخرون 2023)

تُظهر التقديرات لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO2 من Fioletov وآخرون (2023) لبؤر ثاني أكسيد الكبريت SO2 الأخرى في شرق وغرب إفريقيا اتجاهات تصاعدية (**الشكل 14**). هناك تغير كبير من سنة إلى أخرى، فعلى سبيل المثال، المواقع التي شهدت زيادة في الانبعاثات في عام 2022 مقارنة ببيانات عام 2021 تشمل مصهر منجم سياما للذهب في مالي بزيادة نسبتها 15%، ومحطة هوانجي للطاقة في زيمبابوي بزيادة نسبتها 43%، ومحطة الطاقة في سيلوس بزيمبابوي بزيادة نسبتها 39%. على العكس من ذلك، بلغت الانبعاثات المقدرة بالأقمار الصناعية لمحطة موروبولي للطاقة في بوتسوانا 2.5 كيلو طن في عام 2022 مقارنة بلا شيء في عام 2021. وبالمثل، أظهر منجما ومصهر نيكل ونحاس في فيكوي ببوتسوانا انبعاثات بلغت 0.1 كيلو طنا في عام 2022 مقارنة بلا شيء في عام 2021.

قواعد بيانات جرد الانبعاثات

بيانات الأقمار الصناعية مثالية للعثور على مصادر كبيرة نقطية لتلوث الهواء وتحديدها. ولكن هناك حاجة إلى معلومات أخرى لتحديد المصادر الأصغر أو الموزعة ومقدار ما تساهم به كل واحدة من هذه المصادر. لذلك، يقوم الباحثون ببناء قواعد بيانات، تُسمى "قواعد بيانات جرد الانبعاثات"، لاستكشاف أنواع عديدة مختلفة من مصادر التلوث.

قواعد بيانات جرد الانبعاثات

يمكن أن تكون قواعد بيانات جرد الانبعاثات عالمية أو محلية النطاق وعادةً ما تقوم بتحديد كميات الانبعاثات، وتتضمن قطاعات مصادر مختلفة، وتخطط لمواقع الانبعاثات، وتتبع التغيرات عبر الزمن.

يتم تطوير العديد من هذه الجردات "من الأسفل إلى الأعلى" من خلال أخذ بيانات النشاط (مثل كمية الوقود المستخدم في دولة ما) وضرب هذه المعلومات بمعامل الانبعاثات (التلوث المنبعث لكل وحدة من الوقود). بعض الجردات تُطور "من الأعلى إلى الأسفل" من خلال أخذ تقديرات الانبعاثات الإجمالية وتفكيكها إلى مصادر مختلفة.

كما تُعدل الانبعاثات أحيانًا وتُقيّم لضمان التناسق بين مجموعات بيانات الإدخال المختلفة أو عبر السنوات. وتُخطط الانبعاثات في كل دولة أو منطقة، وفقًا لخرائط كثافة السكان، وشبكات الطرق أو مواقع محطات الطاقة على سبيل المثال. في إفريقيا، غالبًا ما يتعين عمل افتراضات حيث لا توجد معلومات عن استخدام الوقود، أو التكنولوجيا أو اللوائح والتشريعات التي قد تؤثر على معاملات الانبعاثات.

© Dimaberlin / Envato Elements

تشمل جردات الانبعاثات العالمية:

- جرد نقل تلوث الهواء في نصف الكرة الأرضية (HTAP v3) وفقا لدراسة (Crippa, 2023)
- قاعدة بيانات الانبعاثات لأبحاث الغلاف الجوي العالمي (EDGAR) (اللجنة الأوروبية، 2022، IEA وكالة الطاقة العالمية، 2019)
- نظام بيانات الانبعاثات المجتمعية (CEDS) (Hoesly وآخرون 2018، McDuffie وآخرون 2020)،
- ومن بين أمور أخرى جرد تفاعلات وتآزرات الغازات الدفيئة وتلوث الهواء (GAINS) كما ظهر في دراسة Ammann وآخرون عام 2011.

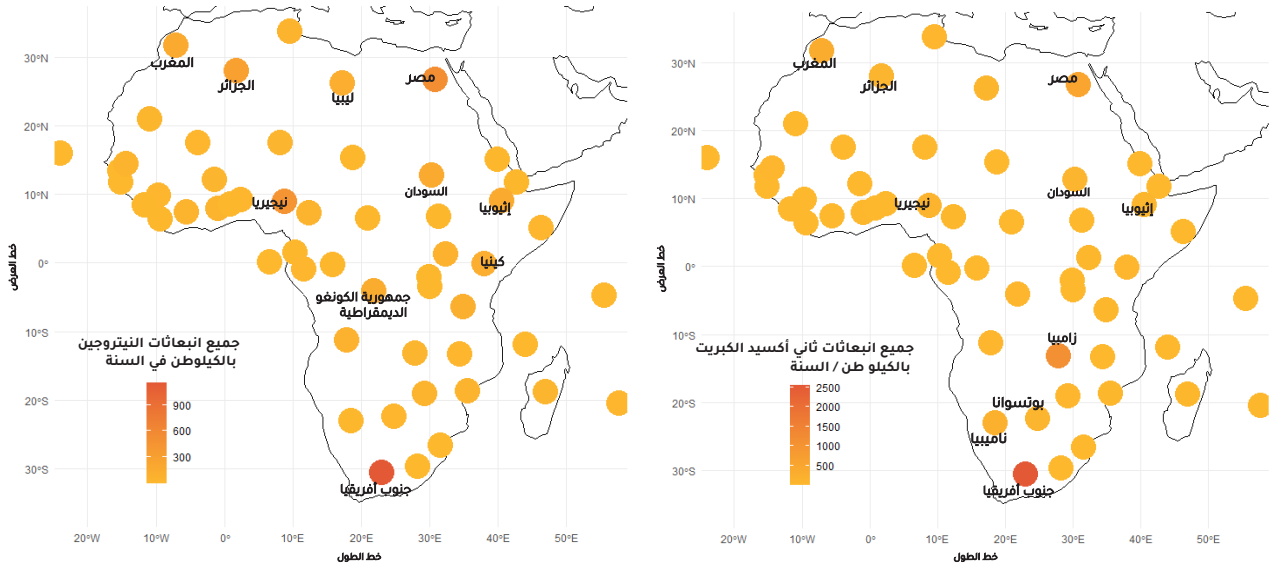
تجمع جردات CEDS بين جردات إقليمية ووطنية المستوى واستخدامات متعددة للوقود ضمن إطار متسق. على سبيل المثال، تدمج CEDS بيانات النشاط وإدخال الانبعاثات من مصادر مثل EDGAR وGAINS بالإضافة إلى جردات محلية لإنتاج انبعاثات عالمية متسقة عبر الزمن ومتوافقة مع البيانات المحلية الحالية (Hoesly وآخرون، 2018). استخدام CEDS للجردات المحلية له فائدة تضمين المعلومات المحلية. كما يمكن أن تشمل البيانات المحلية مصادر غالبًا ما تكون مفقودة في الجردات العالمية، مثل المعلومات عن استخدام مولدات الديزل والبنزين. كما يمكن أن توفر معاملات انبعاثات محلية. هذا مهم لأن معدلات الانبعاثات المحلية قد تختلف، على سبيل المثال إذا كانت السيارات أو اللهب الناتج عن استخراج النفط والغاز أكثر أو أقل تنظيمًا مما إفترضه مطورو قاعدة البيانات.

لذلك، يستخدم الإصدار الأخير من CEDS، CEDS_GBD-MAPS بناء على دراسة (McDuffie وآخرون 2020)، للتحليل في هذا التقرير. هو جرد عالمي النطاق ويشمل الملوثات ذات الصلة بتلوث الهواء والصحة، وهي $PM_{2.5}$، CH_4، NH_3، SO_2، NOx، والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs)، جنبًا إلى جنب مع جزيئات BC والكربون العضوي. وبجانب قاعدة بيانات CEDS العالمية، يتم تحليل جرد خاص بإفريقيا أيضًا، جرد DACCIWA وفق دراسة Keita وآخرون عام 2021.

تشمل جردات CEDS_GBD-MAPS الزراعة (مصادر غير الاحتراق فقط، باستثناء الحرائق المفتوحة)، الطاقة (توليد الطاقة والتحول والاستخراج)، الصناعة (عمليات الاحتراق وغير الاحتراق)، النقل على الطرق، النقل خارج الطرق/غير الطرق (السكك الحديدية، الملاحة الداخلية، الأخرى)، الاحتراق داخل المنازل، والاحتراق التجاري، والاحتراق الآخر، المذيبات، النفايات (التخلص والتعامل)، والشحن الدولي. لا تشمل الانبعاثات من الحرائق المفتوحة أو الطائرات. بجانب هذه القطاعات، تصنف CEDS_GBD-MAPS الانبعاثات حسب نوع الوقود. الأنواع المدرجة هي احتراق الفحم الكلي (الفحم الصلب + الفحم البني + فحم الكوك)، احتراق الوقود الحيوي الصلب، واحتراق الوقود السائل (زيت خفيف + زيت ثقيل + زيت ديزل) بالإضافة إلى احتراق الغاز الأحفوري.

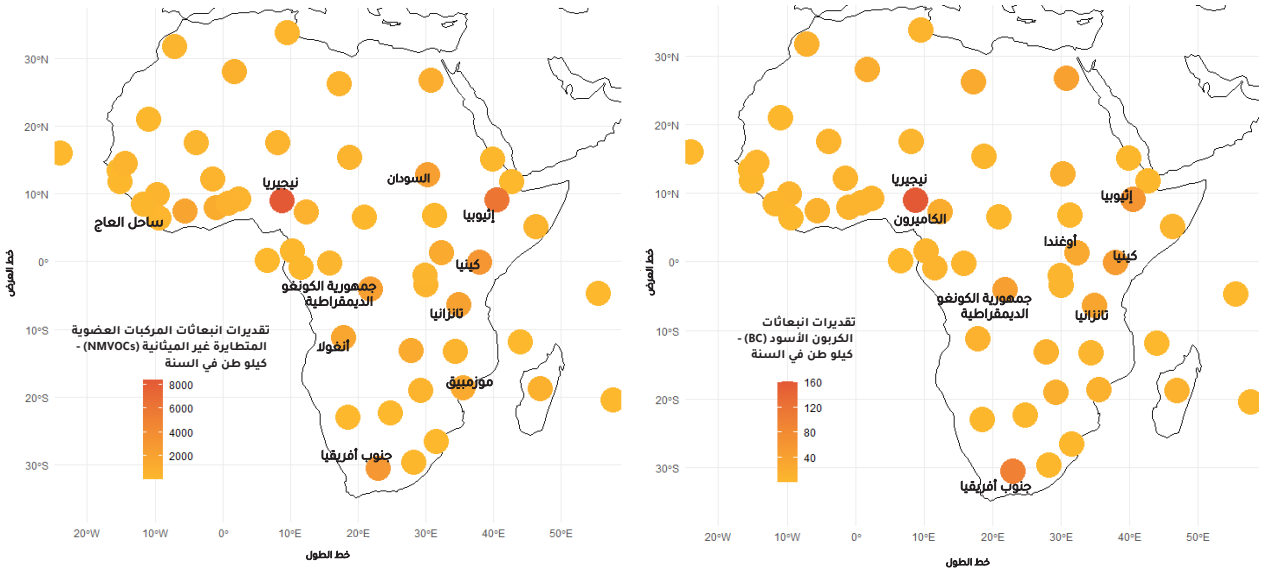
جنوب إفريقيا ونيجيريا ودول شمال إفريقيا هي من كبار المنتجين لانبعاثات NOx

انبعاثات الملوثات الهوائية في جرد DACCIWA لانبعاثات SO_2، CO، NOx، OC، BC، و NMVOCs (وهي المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية) قد ازدادت عبر إفريقيا خلال العقود الأخيرة (وفق دراسة Keita وآخرون 2021). قطاع الطاقة هو أكبر مساهم في انبعاثات SO_2 بمقدار 54 % وانبعاثات NOx بمقدار 29%. ويتبين أن قطاع النقل هو ثاني أكبر قطاع ينتج انبعاثات NOx، بينما الصناعة هي ثاني أكبر قطاع ينتج انبعاثات SO_2 (وفق دراسة Keita وآخرون 2021). تجد جردات DACCIWA و CEDS_GBD-MAPS أن جنوب إفريقيا وشمال إفريقيا هما أكبر مناطق انبعاثات في إفريقيا لانبعاثات SO_2 و NOx. تتميز هذه المناطق بمصادر صناعية ومحطات للطاقة كبيرة مقارنة بمناطق إفريقيا الأخرى (وفق دراسة Keita وآخرون 2021). في غرب وشرق إفريقيا، يعتبر قطاع النقل والانبعاثات المنزلية أكبر القطاعات على التوالي (وفق دراسة Keita وآخرون 2021). يُظهر الشكل 15 أن جنوب إفريقيا ونيجيريا ودول شمال إفريقيا هي من كبار المنتجين لانبعاثات NOx، بينما تهيمن انبعاثات SO_2 أيضًا على جنوب إفريقيا ومواقع محطات الطاقة والمصاهر المحددة في القسم السابق. يتم تنظيم مستويات الكبريت في الوقود في العديد من الدول حول العالم عبر القوانين والتشريعات. يؤدي هذا إلى تقليل انبعاثات SO_2 والجزيئات الدقيقة، بما في ذلك من قطاع النقل. يوجد مستويات عالية من الكبريت في الوقود في العديد من الدول الأفريقية (وفق دراسة UNEP 2023). هناك حاجة ملحة لضمان أن يفي الوقود المستخدم في إفريقيا بأفضل المعايير الدولية أثناء العمل نحو نظام متجدد بالكامل.



الشكل 15. التقديرات لانبعاثات NOx و SO_2 لعام 2017 مجمعة حسب الدولة (وفق دراسة McDuffie وآخرون 2020)

انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs) على المستوى العالمي تتأثر بشكل كبير بالقارة الإفريقية، بسبب قطاعات النقل والطاقة. تضم إفريقيا مواقع هامة لإنتاج النفط والغاز، مثل تلك الموجودة في دلتا النيجر. تعتبر هذه العمليات النفطية والغازية من أكبر مصادر انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs). تساهم عمليات الحرق وانبعاثات النفط والغاز، إلى جانب الحرق المنزلي، في جعل غرب إفريقيا المنطقة الأعلى إنتاجًا لجزيئات BC والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs) (**الشكل 16**، وفق دراسة McDuffie وآخرون 2020، Keita وآخرون 2021). تتناقص بعض الانبعاثات الناتجة عن الحرق نتيجة للمبادرة العالمية لتقليل حرق الغاز (GGFR) (وفق دراسة Keita وآخرون 2021). حرق النفايات المفتوح أيضًا يعتبر مصدرًا هامًا لانبعاثات BC والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs) (وفق دراسة Keita وآخرون 2021).



الشكل 16. تقديرات انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs) والكربون الأسود (BC) لعام 2017 مجمعة حسب الدولة (وفق دراسة McDuffie وآخرون 2020)

© sculpies / Adobe Stock

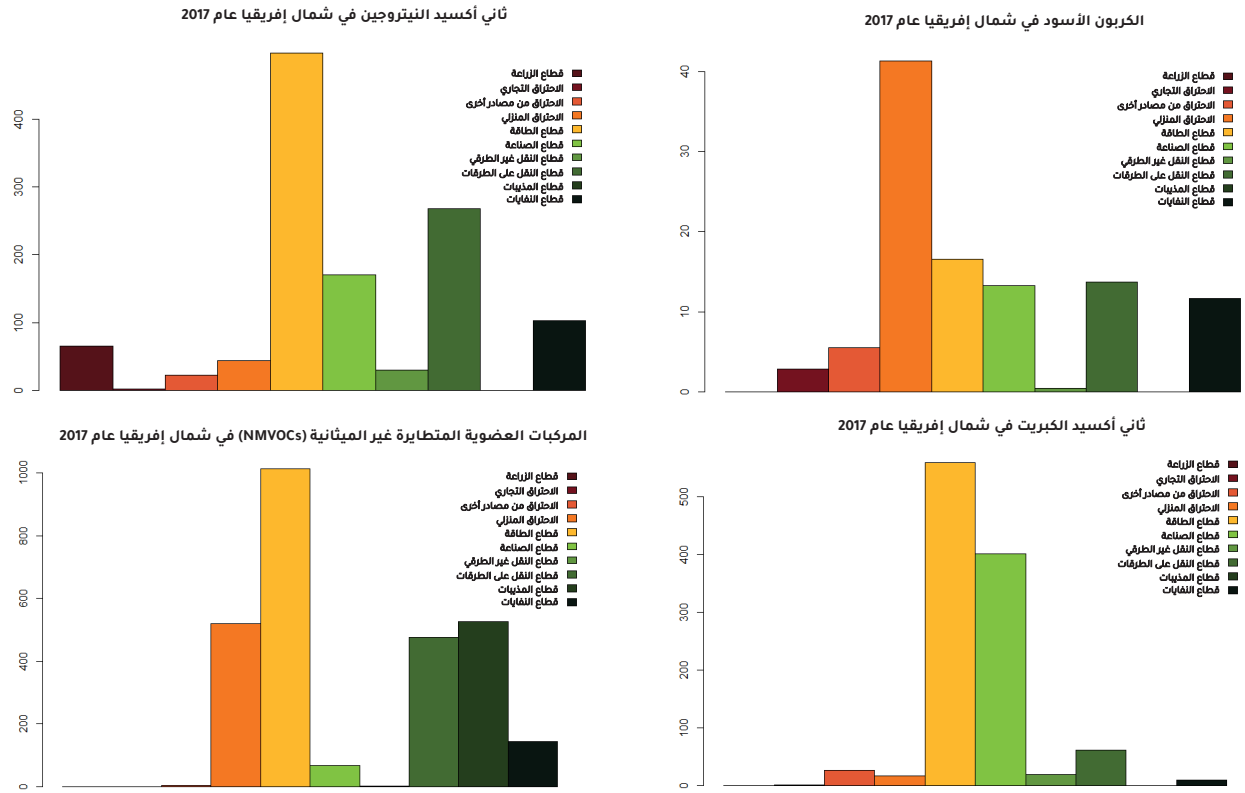
قوائم المعلومات الإقليمية

شمال إفريقيا

الجزائر، مصر، ليبيا، المغرب، وتونس

تقديرات الوفيات المبكرة المرتبطة بجزيئات $PM_{2.5}$، وتحديداً تلك المرتبطة بالوقود الأحفوري، وغيرها من ملوثات الهواء الناجمة عن الوقود الأحفوري، تحدد أعلى معدل وفيات في هذه المنطقة في مصر (وفق دراسة Lelieveld، 2019 وآخرون McDuffie، 2021 وآخرون Vohra، 2021 وآخرون Farrow، 2020، الشكل 4 والملاحق A1-A2).

وفقًا لتقييم مؤشر جودة الهواء للحياة Air Quality Life Index كان من الممكن أن يؤدي تقليل تركيزات $PM_{2.5}$ بشكل دائم من مستوى عام 2021 إلى مستوى إرشادات منظمة الصحة العالمية البالغة 5 ميكروغرام/للمتر المكعب إلى تحسين متوسط مؤشر الحياة بمقدار يصل إلى 1.3 سنة في مصر، 0.4 سنة في المغرب، وبأقل من 0.1 سنة في الجزائر (وفق دراسة Greenstone و Hasenkopf 2023، الشكل 3).



الشكل 17. مساهمات القطاعات في انبعاثات الكربون الأسود BC، NOx، المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs)، وثاني أكسيد الكبريت SO_2 في جرد انبعاثات CEDS-GBD_MAPS لعام 2017 في دول شمال إفريقيا (وفق دراسة McDuffie وآخرون 2020)

ويمكن مقارنة الدول ذات نسب السكان العالية والمتدنية على أساس معدلات الوفيات لكل 1000 نسمة. تم تقدير معدلات الوفيات المصرية لجميع تلوث الهواء $PM_{2.5}$ وتلوث $PM_{2.5}$ الناتج عن الوقود الأحفوري لعام 2019 بأنها 1.2 و 0.19 لكل 1000 شخص على التوالي (وفق دراسة Leliveld 2019). مقارنة بـ 0.78 و 0.05 لإفريقيا ككل في ذلك العام.

في شمال إفريقيا، يعتبر قطاع الطاقة هو الأكثر إسهامًا في انبعاثات NOx والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs) وثاني أكسيد الكبريت SO_2 بحسب قاعدة بيانات CEDS. ويُصدر القطاع المنزلي (باستثناء النفايات) أكبر قدر من الكربون الأسود BC (**الشكل 17**، **الملحق 1**). وتشير تقارير البنك الدولي إلى أن الجزائر وليبيا من بين أكبر 10 دول في العالم من حيث حرق النفط والغاز الزائد (flaring)؛ ومن المحتمل أن يساهم هذا الحرق في انبعاثات قطاع الطاقة لهذه المنطقة (البنك الدولي، 2022).

وزارة البيئة والمناجم والطاقة المستدامة المغربية (MEMSD) تنتج جردًا وطنيًا للانبعاثات (وزارة البيئة والمناجم والطاقة المستدامة المغربية، 2018، Saidi 2023). قد يوفر هذا الجرد المحلي المطور رؤى محلية غير متوفرة في الدول التي لم يتم فيها تطوير جرد وطني. يُعزي الجرد معظم انبعاثات $PM_{2.5}$ إلى المصادر السكنية، يليها مصادر الطرقات. كما هو الحال في قاعدة بيانات CEDS_GBD-MAPS، يحدد أيضًا النقل على الطرقات كمصدر مهم لانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs). المغرب هو أيضًا موطن لمحطة الطاقة الحرارية في صافي . قدرت غرينبيس جنوب شرق آسيا سابقًا أن تلوث الهواء الناجم عن المحطة يمكن أن يساهم في تسبب 30-88 حالة وفاة مبكرة سنويًا (Son وآخرون 2019).

غرب إفريقيا

بنين، بوركينا فاسو، الكاميرون، ساحل العاج، غامبيا، غانا، غينيا، غينيا-بيساو، ليبيريا، مالي، موريتانيا، النيجر، نيجيريا، السنغال، سيراليون، توجو

قيّم Faridi وآخرون (2022) الدراسات المتعلقة بتحديد مصادر الجزيئات الدقيقة في دول في أنحاء شمال إفريقيا، وشرق البحر الأبيض المتوسط ومنطقة الشرق الأوسط. من بين الدول المدرجة في التقييم، لم يتمكنوا من تحديد دراسات في جيبوتي، ليبيا، الصومال، السودان، أو تونس. كما حددت الدراسة اختلافات كبيرة عبر المنطقة، مع مساهمة الغبار بأكبر قدر في انبعاثات جزيئات PM2.5 في مصر، بينما في المغرب، نُسب ما يقرب من 53% من انبعاثات جزيئات PM2.5 المحيطي إلى الصناعات، و 35% إلى قطاع النقل.

وفق تقييم مؤشر جودة الهواء للحياة، كان من الممكن تحسين متوسط مؤشر الحياة بمقدار 2.5 سنة في الكاميرون، و 1.8 سنة في نيجيريا، و 0.1 سنة في السنغال، من خلال تخفيض تركيزات جزيئات PM2.5 من مستويات عام 2021 إلى المعيار الموصى به من قبل منظمة الصحة العالمية والبالغ 5 ميكروجرام/م³ (Hasenkopf و Greenstone، 2023، **الشكل 3**).

وتشير التقديرات الخاصة بالوفيات المبكرة المرتبطة بجزيئات PM2.5، وتحديداً تلك الناتجة عن الوقود الأحفوري، وغيرها من ملوثات الهواء الناتجة عن الوقود الأحفوري، إلى أن أعلى معدلات الوفاة في هذه المنطقة كانت في نيجيريا (Leliveld 2019، McDuffie وآخرون 2021، Vohra وآخرون 2021، Farrow وآخرون 2020، **الشكل 4** و**الملاحق A2-A1**). يمكن المقارنة بين الدول ذات الكثافة السكانية الكبيرة والصغيرة على أساس معدلات الوفيات لكل 1000 نسمة.

بينما في المغرب، نسب ما يقرب من 53% من انبعاثات جزيئات PM2.5 المحيطي إلى الصناعات

© Benedicte Kurzen / Greenpeace

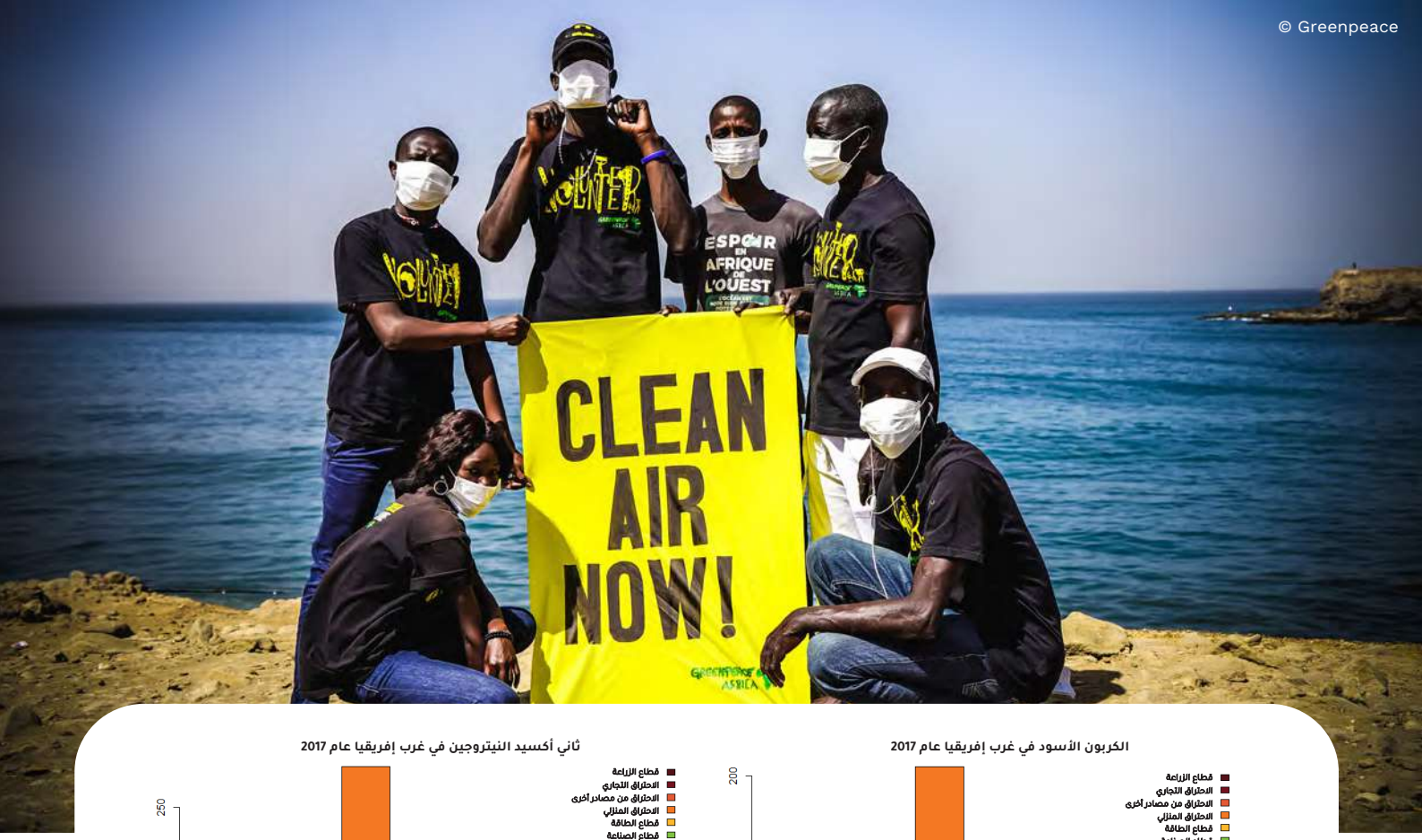
تم تقدير معدلات الوفيات في نيجيريا لجميع ملوثات الهواء $PM_{2.5}$ و $PM_{2.5}$ الناتجة عن الوقود الأحفوري لعام 2019 بنحو 0.99 و0.04 لكل 1000 شخص على التوالي (Leliveld 2019). وهذا يقارن بـ 0.78 و 0.05 لإفريقيا بأكملها في ذلك العام.

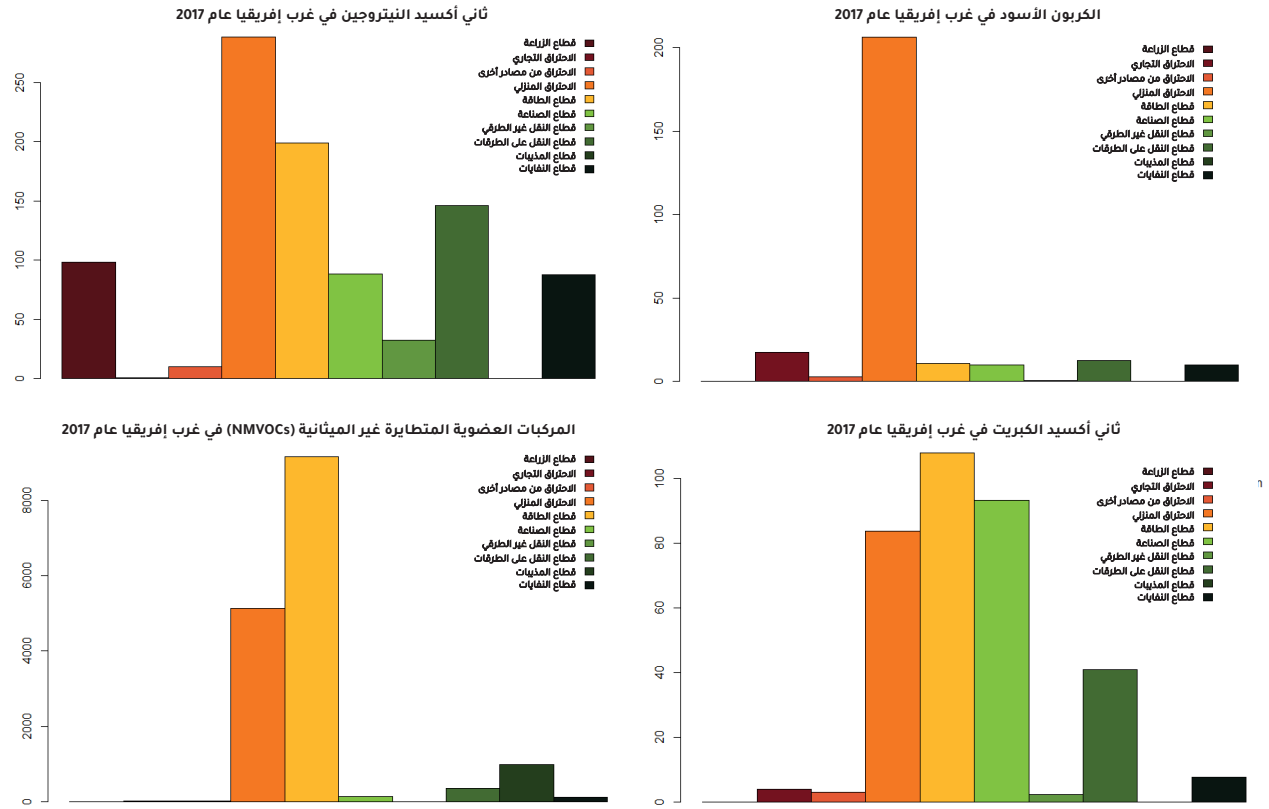
في غرب إفريقيا، يُعد الاحتراق المنزلي هو الأكثر مساهمة في انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NOx) والكربون الأسود (BC) في قاعدة بيانات CEDS، بينما يصدر قطاع الطاقة أغلب المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC) وانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) (**الشكل 18، الملحق 1**).

وعند التركيز على نيجيريا بشكل خاص، حدد Okedere (وآخرون 2021)بأن حرق الغاز، تكرير منتجات البترول، محطات الطاقة الغازية، النقل، التصنيع، تغيرات استخدام الأراضي، والنفايات، بالإضافة إلى الطهي المنزلي، حرق الأحراش والزراعة كمصادر رئيسية للتلوث. يتحمل قطاع الطاقة في نيجيريا وصناعتها النفطية والغازية المسؤولية عن كميات كبيرة من حرق الغاز (flaring). يعود هذا إلى ممارسات التنمية في الستينيات والسبعينيات عندما كان الطلب على الغاز الأحفوري محدوداً ولم تكن المعايير البيئية صارمة. ونظراً لعدم وجود سوق للغاز المستخرج كمنتج ثانوي من آبار النفط، تم تركيب المشاعل كطريقة للتخلص منه.

يتحمل قطاع الطاقة في نيجيريا وصناعتها النفطية والغازية المسؤولية عن كميات كبيرة من حرق الغاز

© Shayne Robinson / Greenpeace





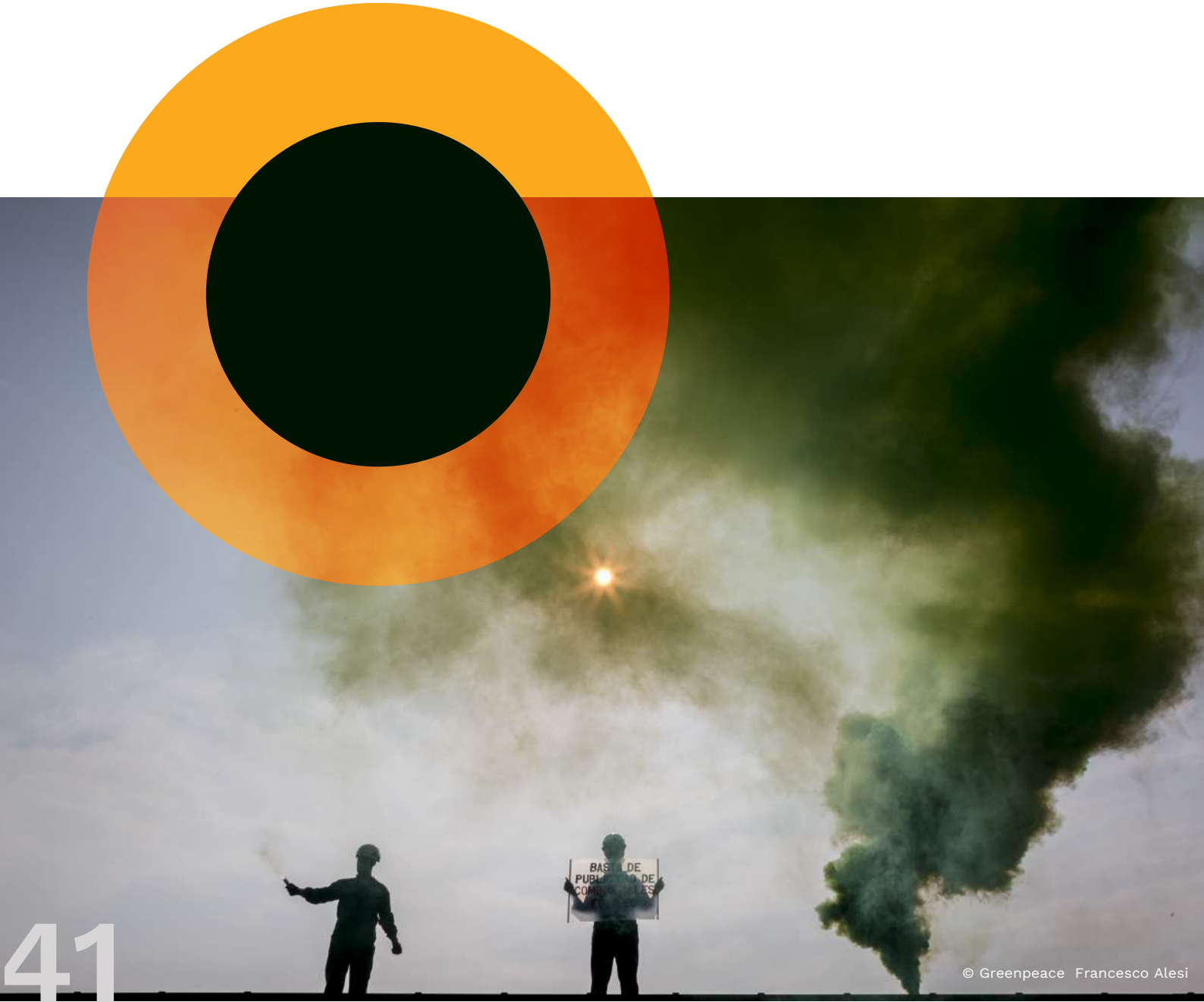
الشكل 18. مساهمات القطاعات في انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NOx)، الكربون الأسود (BC)، المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في مخزون الانبعاثات CEDS-GBD_MAPS لعام 2017 في دول غرب إفريقيا (McDuffie وآخرون 2020)

وبعد عقود، لا تزال نيجيريا تحرق كميات كبيرة من الغاز الأحفوري (Anejionu وآخرون 2015). وأصبح الغاز يُستخدم الآن في توليد الكهرباء إلى جانب الطاقة الكهرومائية (Sonibare 2010).

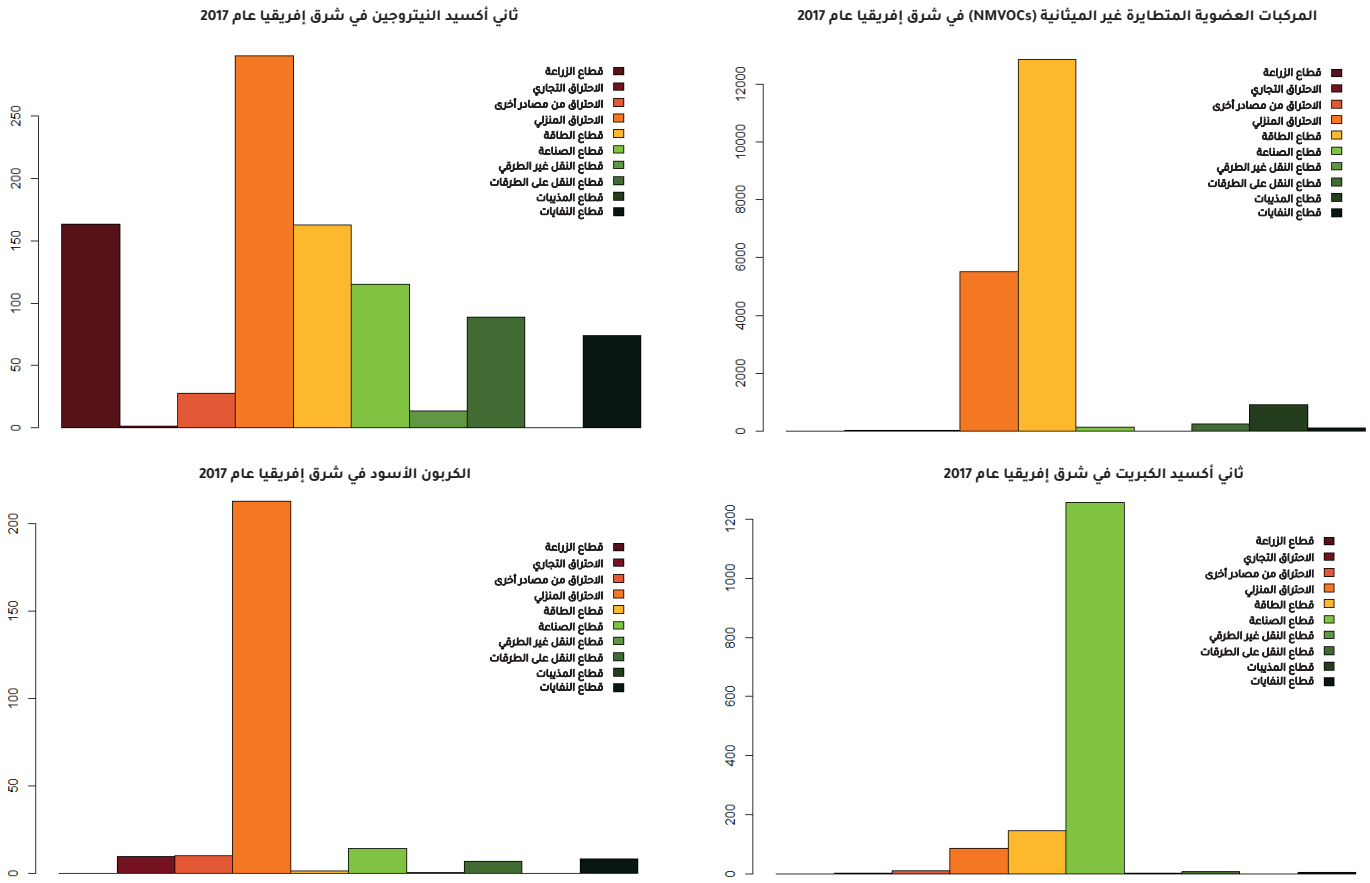
شرق إفريقيا

بوروندي، جيبوتي، إريتريا، إثيوبيا، كينيا، مالاوي، موزمبيق، رواندا، الصومال، جنوب السودان، السودان، تنزانيا، أوغندا، زامبيا وزيمبابوي

وفق تقييم مؤشر جودة الهواء للحياة ، كان من الممكن تحسين مؤشر الحياة بمقدار 2.7 سنة في رواندا، و 1.1 سنة في مالاوي، و 0.6 سنة في السودان، من خلال تخفيض تركيزات جزيئات $PM_{2.5}$ من مستويات عام 2021 إلى المعيار الموصى به من قبل منظمة الصحة العالمية والبالغ 5 ميكروجرام/م^3 (Greenstone و2023 Hasenkopf، الشكل 3).



© Greenpeace Francesco Alesi



الشكل 19. مساهمات القطاعات في انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NOx)، الكربون الأسود (BC)، المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في تقرير الانبعاثات CEDS-GBD_MAPS لعام 2017 في دول شرق إفريقيا (McDuffie وآخرون 2020)

وفق تقييم مؤشر جودة الهواء للحياة ، كان من الممكن تحسين مؤشر الحياة بمقدار 2.7 سنة في رواندا، و1.1 سنة في مالاوي، و0.6 سنة في السودان، من خلال تخفيض تركيزات جزيئات $PM_{2.5}$ من مستويات عام 2021 إلى المعيار الموصى به من قبل منظمة الصحة العالمية والبالغ 5 ميكروجرام/م³ (Greenstone Hasenkopfg 2023 **الشكل 3**).

تشير التقديرات الخاصة بالوفيات المبكرة المرتبطة بجزيئات $PM_{2.5}$، وتحديداً تلك الناتجة عن الوقود الأحفوري، وغيرها من ملوثات الهواء الناتجة عن الوقود الأحفوري، إلى أن أعلى معدلات الوفاة في هذه المنطقة كانت في إثيوبيا (McDuffie 2019 Leliveld، وآخرون 2021، Vohra وآخرون 2021، Farrow وآخرون 2020، **الشكل 4** والملاحق **A2-A1**). يمكن المقارنة بين الدول ذات الكثافة السكانية الكبيرة والصغيرة على أساس معدلات الوفيات لكل 1000 نسمة. يتوقع وجود معدلات وفيات أعلى في جيبوتي وإريتريا (**الشكل 5**).

في شرق إفريقيا، يُعد الاحتراق المنزلي هو الأكثر مساهمة في انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NOx) والكربون الأسود (BC) في تقرير الانبعاثات CEDS، بينما تنبعث أغلب المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC) من قطاع الطاقة ويساهم القطاع الصناعي بأكبر قدر من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) (**الشكل 19**، الملحق 1).

وسط إفريقيا

جمهورية أفريقيا الوسطى، تشاد، الكونغو، جمهورية الكونغو الديمقراطية، غينيا الاستوائية والغابون

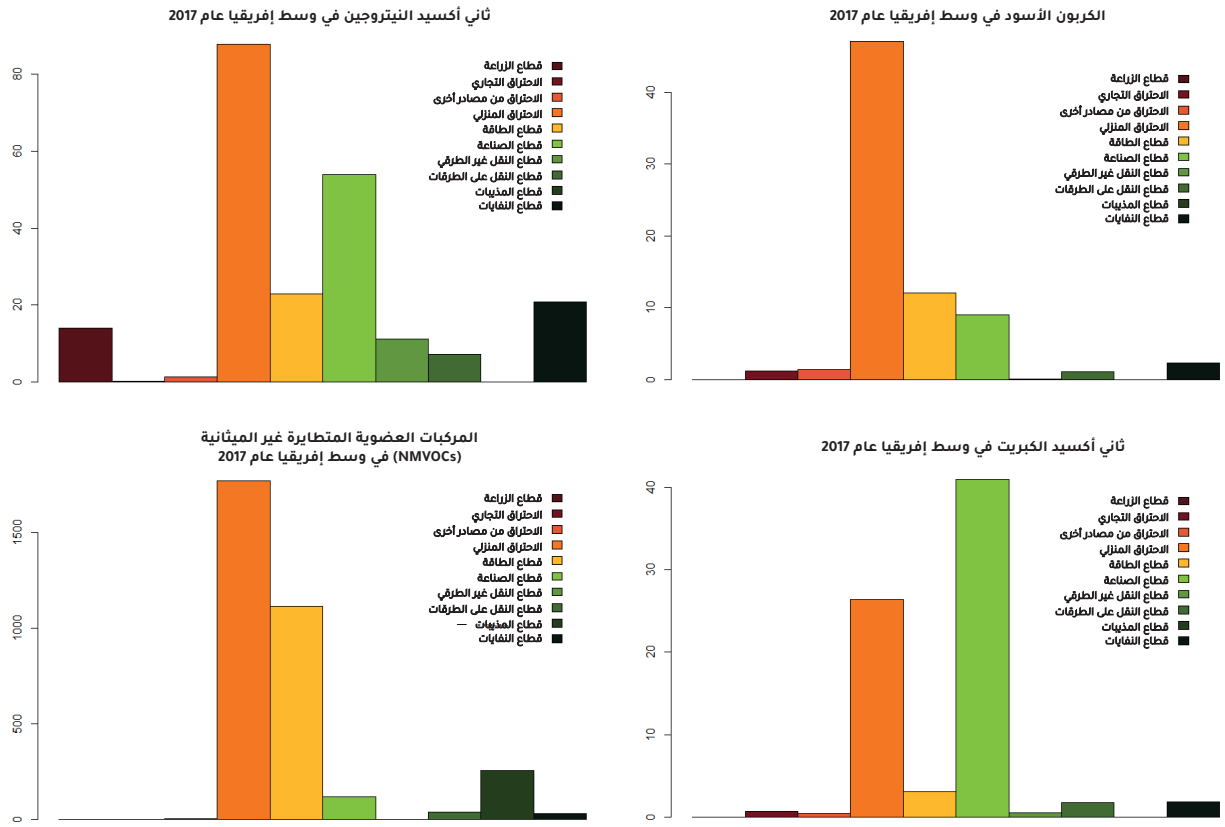
وفق تقييم مؤشر جودة الهواء للحياة، كان من الممكن تحسين مؤشر الحياة بمقدار 2.9 سنة في جمهورية الكونغو الديمقراطية، وسنتين في جمهورية إفريقيا الوسطى، و 0.6 سنة في تشاد، من خلال تخفيض تركيزات جزيئات $PM_{2.5}$ من مستويات عام 2021 إلى المعيار الموصى به من قبل منظمة الصحة العالمية والبالغ 5 ميكروجرام/م^3 (Greenstone و2023 Hasenkopf، **الشكل 3**).

تشير التقديرات الخاصة بالوفيات المبكرة المرتبطة بانبعاثات $PM_{2.5}$، وتحديداً تلك الناتجة عن الوقود الأحفوري، وغيرها من ملوثات الهواء الناتجة عن الوقود الأحفوري، إلى أن أعلى معدلات الوفاة في هذه المنطقة كانت في جمهورية الكونغو الديمقراطية أو تشاد (McDuffie Leliveld 2019، وآخرون 2021، Vohra وآخرون 2021، Farrow وآخرون 2020، **الشكل 4** والملاحق **A2-A1**). يمكن المقارنة بين الدول ذات الكثافة السكانية الكبيرة والصغيرة على أساس معدلات الوفيات لكل 1000 نسمة. يتوقع وجود معدلات وفيات عالية نسبياً في جمهورية إفريقيا الوسطى (**الشكل 5**).

يتوقع وجود معدلات وفيات عالية نسبياً في جمهورية إفريقيا الوسطى

في وسط إفريقيا، يُعد الحرق المنزلي هو الأكثر مساهمة في انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NOx)، المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC) والكربون الأسود (BC) وفق تقرير الانبعاثات CEDS. يساهم القطاع الصناعي بأكبر قدر من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) (**الشكل 20**، الملحق 1). تُعزى جودة الهواء السيئة في هذه المنطقة إلى حرق النفايات، التعدين، والممارسات الصناعية مثل تجهيز المعادن وتصنيع الأسمنت (Greenstone و Hasenkopf 2023).

© Daniel Samray / Adobe Stock



الشكل 20. مساهمات القطاعات في انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NOx)، الكربون الأسود (BC)، المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في تقرير الانبعاثات CEDS-GBD_MAPS لعام 2017 في دول وسط إفريقيا (McDuffie وآخرون 2020)

أفريقيا الجنوبية

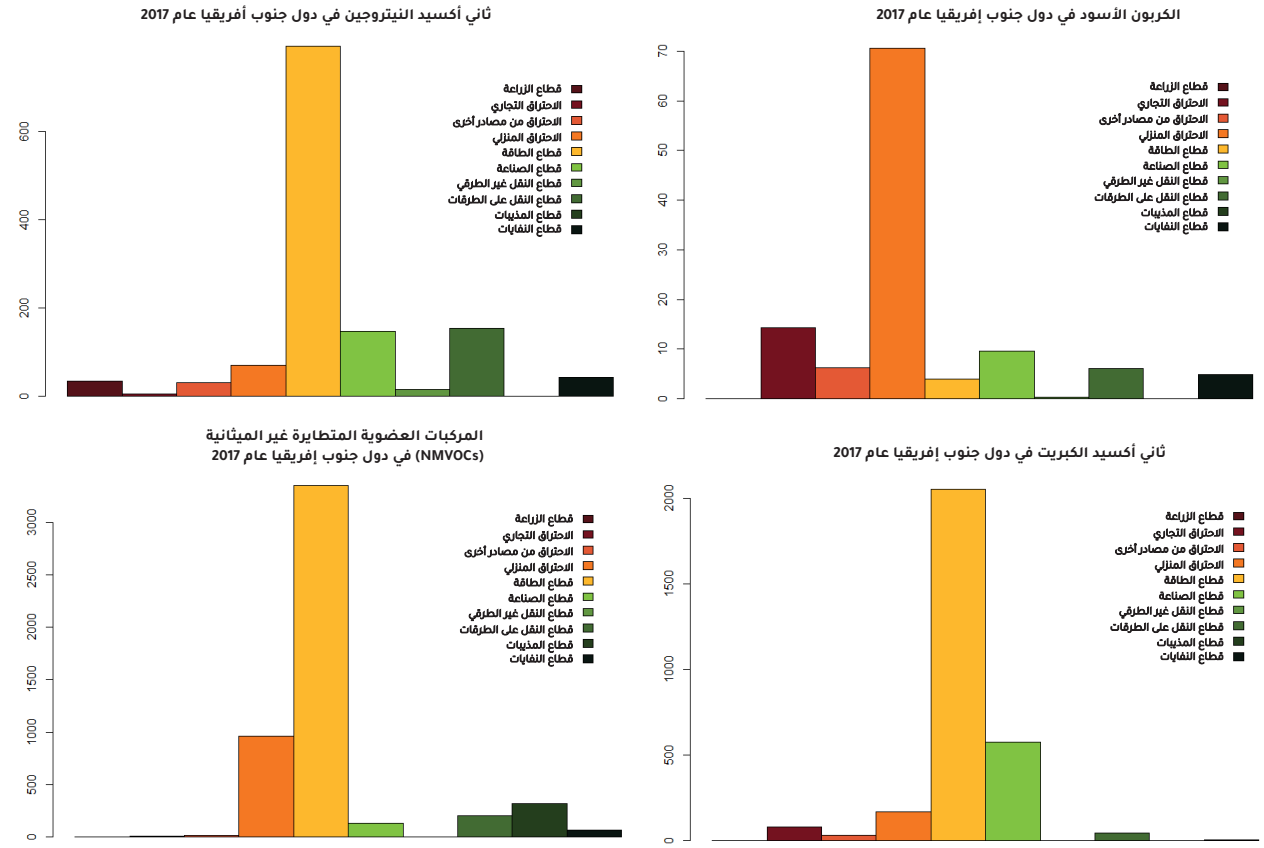
أنغولا، بوتسوانا، ليسوتو، ناميبيا، جنوب إفريقيا وإسواتيني

وفق تقييم مؤشر جودة الهواء للحياة ، كان من الممكن تحسين مؤشر الحياة بمقدار 1.8 سنة في ليسوتو، و 1.6 سنة في جنوب إفريقيا، و 0.7 سنة في ناميبيا، من خلال تخفيض تركيزات جزيئات PM2.5 من مستويات عام 2021 إلى المعيار الموصى به من قبل منظمة الصحة العالمية والبالغ 5 ميكروجرام/م³ (Greenstone و Hasenkop 2023، **الشكل 3**).

تشير التقديرات الخاصة بالوفيات المبكرة المرتبطة بجزيئات PM2.5، وتحديداً تلك الناتجة عن الوقود الأحفوري، وغيرها من ملوثات الهواء الناتجة عن الوقود الأحفوري، إلى أن أعلى معدلات الوفاة في هذه المنطقة كانت في جنوب إفريقيا (McDuffie Leliveld 2019، وآخرون 2021، Vohra وآخرون 2021، Farrow وآخرون 2020، **الشكل 4** والملاحق **A2-A1**). يمكن المقارنة بين الدول ذات الكثافة السكانية الكبيرة والصغيرة على أساس معدلات الوفيات لكل 1000 نسمة. يتوقع وجود معدلات وفيات نسبياً عالية في جنوب إفريقيا وليسوتو وإسواتيني (**الشكل 5**).

في دول إفريقيا الجنوبية، يُعد قطاع الطاقة هو الأكثر مساهمة في انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NOx)، المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC) وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في تقرير الانبعاثات CEDS. شكل الفحم أكثر من 70% من إجمالي الطاقة الموردة في دول إفريقيا الجنوبية في عام 2020 (IEA 2022). ويساهم الحرق المنزلي بأكبر قدر من انبعاثات الكربون الأسود (BC) (**الشكل 21**، الملحق 1). تساهم هذه الملوثات في تكوين جزيئات $PM_{2.5}$. على المستوى الوطني، تساهم كل من جنوب إفريقيا وإسواتيني بنسب كبيرة في $PM_{2.5}$ المتعلقة بالفحم (McDuffie وآخرون 2021، الملحق 1). يعد حرق النفايات، سواء في المنازل أو في المكبات، عاملاً مهماً يساهم في انبعاثات الكربون الأسود في دول إفريقيا الجنوبية، إلى جانب الانبعاثات من الصناعة، الطاقة، حركة المرور والحرق (Keita وآخرون 2021).

يعود الكثير من تأثيرات تلوث الهواء ومسبباتها في جنوب إفريقيا إلى منطقة هايفيلد، والتي تشتهر بالأنشطة الصناعية، عمليات التعدين، ومحطات الطاقة التي تعمل بالفحم. ونتيجةً لذلك، تعد جنوب إفريقيا الدولة التي تصدر أعلى كمية من ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، حيث تبلغ نسبتها حوالي 62% من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في إفريقيا (Keita وآخرون 2021).



الشكل 21. مساهمات القطاعات في انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NOx)، الكربون الأسود (BC)، المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في تقرير الانبعاثات CEDS-GBD_MAPS لعام 2017 في دول إفريقيا الجنوبية (McDuffie وآخرون 2020)

© Stef / Adobe Stock

دراسات الحالة

© Ruth Sacco / Greenpeace

دراسة الحالة 1

تلوث الهواء إنتهاك للحقوق الدستورية: نصر كبير لمجتمعات مبومالانجا في قضية الهواء القاتل، جنوب إفريقيا

حققت مجموعة groundWork للعدالة البيئية ومنظمة Vukani لمجتمع مبومالانجا، التي يمثلها مركز حقوق البيئة (المترافع بإسمها)، انتصارًا هامًا في الدعوى القانونية الرائدة المعروفة باسم "الهواء القاتل" التي تم رفعها في عام 2019.

في الحكم الصادر في محكمة بريتوريا العليا في مارس 2022، اعترفت القاضية "كولين كوليس" بأن نوعية الهواء غير الصحية في منطقة مبومالانجا هايفيلد في جنوب إفريقيا كانت انتهاكًا للحق الدستوري للسكان في بيئة لا تعرض صحتهم ورفاهيتهم للخطر.

وعلاوة على ذلك، أمرت المحكمة الحكومة بوضع لوائح لتنفيذ وفرض خطة إدارة جودة الهواء لمنطقة هايفيلد بمبومالانجا. وقررت القاضية كوليس أن وزيرة البيئة باربارا كريسي لديها واجب قانوني لوضع هذه اللوائح وأن تأخيرها في صياغتها وبدء تنفيذها لخطة هايفيلد كان "غير معقول"

تضم منطقة هايفيلد بمبومالانجا 12 محطة لتوليد الكهرباء من الفحم تابعة لشركة إسكوم Eskom، ومصفاة ساسول Sasol لإنتاج الوقود السائل من الفحم، والتي تقع في سيكوندا، وتعتمد جميعها على عمليات تعدين الفحم.

على الرغم من مرور أكثر من 15 شهرًا منذ صدور الحكم، إلا أن التدابير الفعلية التي يمكن أن تقلل بشكل كبير من تلوث الهواء وتعود بالفائدة على المجتمعات المقيمة في منطقة هايفيلد لم يتم تنفيذها على أرض الواقع حتى الآن.

المراجع:

مركز حقوق البيئة، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.

Mail & Guardian، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.

© تويتر/ X حساب مركز حقوق البيئة @CentreEnvRights

© CR / Adobe Stock

دراسة الحالة 2

تمكين المجتمعات الأفريقية من خلال حلول الطاقة الشمسية

في مالاوي، وهي دولة في جنوب شرق إفريقيا حيث فقط 10% من السكان متصلين بشبكة الكهرباء، نجد قصة تغيير ملهمة. مجموعة تعرف باسم "أمهات الطاقة الشمسية" تقود التحول في مشهد الطاقة هناك. هؤلاء النساء الملاويين تلقين التدريب على تركيب وإصلاح أنظمة الطاقة الشمسية. جهودهن أسهمت في إضاءة 200 منزل في القرى المحيطة بعاصمة مالاوي، ليلونغوي، مما وفر الضوء الضروري لهذه المجتمعات. وما يُلاحظه بشكل خاص هو أن المدارس الآن مُضاءة بشكل جيد، مما يتيح للطلاب حضور الدروس في الصباح والمساء. وعلاوة على ذلك، أصبحت المهارات التي اكتسبتها "أمهات الطاقة الشمسية" مصدرًا للدخل، حيث يتم تعويضهن مقابل تركيب وإصلاح أجهزة الطاقة الشمسية.

على الرغم من عدم حصول أي من هؤلاء النساء على تعليم تقليدي، إلا أنه تم اختيارهن من قبل جمعية الخدمة التطوعية الدولية (VSO) للتدريب في الهند ليصبحن مهندسات طاقة شمسية من خلال مبادرة ملحوظة من قبل Barefoot College International في تيلونيا في ولاية راجستان الهندية. مسيرتهن تبرهن كيف أن استخدام المعرفة، تمكين الأفراد وتوظيف حلول الطاقة المستدامة هي عوامل دافعة للتغيير الإيجابي في إفريقيا وخارجها.

المراجع:

أخبار Voice of America، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.
VSO أيرلندا، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.

Image Credit: VSO Ireland at vso.ie

Image Credit: Kobani.org

دراسة الحالة 3

إضاءة بوروندي: كابوني وتوسيع الكهرباء الريفية بالطاقة الشمسية

الواقع الصارخ يظل كما هو، حيث إنه حتى عام 2021، يعاني نحو 43% من سكان إفريقيا، ما يعادل حوالي 600 مليون شخص، من عدم وصول الكهرباء إليهم. في إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وحدها، كان هناك 590 مليون شخص يعيشون دون كهرباء، وفقًا لوكالة الطاقة الدولية. وسط هذه التحديات، تبرز الطاقة الشمسية كحل يمكن أن تعتمد عليه المجتمعات في جميع أنحاء إفريقيا.

شركة كابوني لخدمات الطاقة المتجددة قد اتخذت مهمة توسيع الكهرباء في المناطق الريفية في بوروندي على نطاق يضمن الجدوى الاقتصادية. من خلال التعاون الوثيق مع وزارة الطاقة في حكومة بوروندي، والمجتمعات المحلية، والمؤسسات المالية، تستخدم كابوني حلول التنفيذ المجربة والمتطورة باستمرار. يضمن هذا النهج وصول الكهرباء بتكلفة أقل من محطات الكهرباء التقليدية، مما يجعلها ميسورة التكلفة وموثوقة. حاليًا، تقوم كابوني بتنفيذ مشروع تجريبي في جيهارو، مقاطعة روتانا، ضمن خطة تعاونية مجتمعية للطاقة. وتستخدم هذه المبادرة تقنية الخلايا الشمسية بقوة 14.4 كيلو واط مع بطاريات Cegasa LFP بسعة 27 كيلو واط-ساعة ومحولات SMA. تبرهن تجربة كابوني أن الوصول إلى الطاقة لا يستدعي أن يكون مكلفًا بشكل لا يمكن تحمله.

المراجع:

كابوني، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.

توقعات طاقة إفريقيا لعام 2022، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.

Image Credits: Twitter/ X @UrbanBetter

دراسة الحالة 4

التكنولوجيا القابلة للارتداء والشباب: تلافي الفجوات في البيانات والنضال من أجل هواء نظيف

هناك فجوة كبيرة في بيانات جودة الهواء في جميع أنحاء إفريقيا، حيث تفتقر العديد من المدن الإفريقية إلى معلومات شاملة حول جودة الهواء. استجابةً لهذه المشكلة الملحة، قامت حملة "مواطنون من أجل هواء نظيف"، والتي تعتبر جزءًا من مبادرة "مواطنون من أجل مدن أفضل"، بجهد لجمع بيانات جودة الهواء وتحديد مصادر التلوث المحلية.

قامت الحملة بالاستفادة من إمكانات أجهزة الاستشعار القابلة للارتداء، وذلك من خلال استغلال التكنولوجيا للتعامل مع نقص البيانات. من خلال تطبيق مخصص، ساهم المواطنون العلماء في التقاط بيانات متعددة الوسائط، مثل الصور والصوت والفيديو والنصوص، بالإضافة إلى بيانات الموقع الجغرافي.

كان محور المبادرة هو المشاركة النشطة للشباب، الذين تراوحت أعمارهم بين 18 و35 عامًا، في ثلاث مدن إفريقية بارزة: كيب تاون وأكرا ولاغوس. باعتماد مقاربة المواطن العالم، تم تعيين هؤلاء الشبان كـ "قادة الجري". تم تخصيص مسارات جري مخصصة لهم وتنظيمها لتشمل مناطق اقتصادية متنوعة داخل المدن. بين يوليو وسبتمبر 2022، شرع هؤلاء المواطنون العلماء في تغطية مساراتهم المخصصة التي تمتد من 5 إلى 10 كيلومترات. وشاركوا مع أكثر من 200 متسابق آخر، حيث قطعوا مسافات كبيرة في الإجمال.

تم عرض نتائج جهودهم في مؤتمر الأطراف لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ COP27 المنعقد في مصر، حيث تم تقديمها في ورشات متنوعة في أجنحة الشباب والصحة.

المراجع:

Clean Air Fund، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.

Urban Better، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.

Cityzens.urbanbetter.science، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.

دراسة الحالة 5

لم يعد هناك رائحة كريهة: العمل المجتمعي ينجح في مواجهة تلوث الهواء في سيوكيماو، كينيا.

سيوكيماو منطقة متوسطة الدخل في مقاطعة ماشاكوس بالقرب من العاصمة الكينية نيروبي. وجد المجتمع هناك نفسه في مواجهة مع عدة مصانع، بما في ذلك مصنع للصلب ومصنع لتصنيع الإسمنت ومصنع للأسفلت، الذين كانوا يطلقون انبعاثات كثيفة في الهواء.

كانت الحالة مأساوية. لجأ العديد من السكان إلى إبقاء نوافذ منازلهم مغلقة ومنع أطفالهم من اللعب خارج المنزل خوفًا من الإصابة بالمرض.

على الرغم من الشكاوى للسلطات والمحاولات الفاشلة في المحكمة الوطنية للبيئة، إلا أن السكان وجدوا حليفًا قويًا في منظمة Code for Africa. قدمت المنظمة في عام 2019 أجهزة استشعار منخفضة التكلفة للمساعدة في التحقيق في مدى التلوث. تم توفير البيانات التي تم جمعها على موقع ويب مفتوح للعموم لتكون متاحة للجميع، مما أشعل موجة من الوعي.

وأطلق السكان حملة تواصل اجتماعي استراتيجية، حيث قاموا بمشاركة بيانات حية من الأجهزة ووسم العديد من السلطات، مما لفت انتباه القادة الذين كانوا قد تجاهلوا ندائهم في السابق.

قامت وسائل الإعلام بتكبير صدى الحملة، حيث قاموا بتغطية نضال السكان ضد تلوث الهواء. نتيجة لذلك، تحرك المسؤولون البيئيون أخيرًا إلى العمل. قاموا بإجراء تحقيقات في مصانع، وتواصلوا مع أعضاء المجتمع، وأصدروا أمرًا بإيقاف مصنع الصلب حتى يتم تثبيت مصفايات هواء فعالة.

كان التأثير ملموسا في الواقع. سجلت الأجهزة مستويات تلوث أقل بكثير، مما يشكل انتصارًا للمجتمع. اختفت الرائحة المستمرة والأدخنة الثقيلة، وبدأ معدل الأطفال الذين يصابون بالتهابات الصدر في الانخفاض.

© Greenpeace / Arnaud Vittet

المراجع:

BBC، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.

البنك الدولي، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023.

Citizen TV Kenya، عنوان ويب يوتيوب، تم الوصول إليه في 26 أكتوبر 2023.

دراسة الحالة 6

حملة منيش مصب! بعقارب

قام سكان عقارب، وهي قرية صغيرة في ولاية صفاقس بتونس (شمال إفريقيا)، بقيادة حملة لمدة 5 سنوات للاحتجاج على مكب النفايات المُنشأ في قريتهم، والذي تجاوز سعته والفترة المشروعة لاستخدامه.

وأصبح المكب، الذي يحتوي على نفايات منزلية وطبية وأنواع أخرى من النفايات، مصدراً خطيراً لمشاكل الصحة وتلوث الهواء، ويؤدي الحرق في المكب إلى إطلاق رائحة سامة تصبح لا تطاق للمجتمع المحيط.

تشكلت حركة شعبية في عام 2016 تحت إسم "منيش مصب!"، رداً على رفض السلطات اتخاذ أي تدابير جدية لإغلاق المكب بشكل دائم ووضع حد للأزمة البيئية التي يواجهونها، وطالما شعر أهالي عقارب بأنهم يدفعون الثمن حتى يتمكن باقي السكان في تونس من تنفس هواء نقي.

بعد قيادة سلسلة من الاحتجاجات السلمية وفقدان أحد شباب القرية، الذي توفي إثر استخدام الشرطة للعنف المفرط في قمع الاحتجاجات، قررت الحركة أن الطريق الوحيد لتحقيق هدفهم هو اللجوء إلى المحكمة. في عام 2021، بعد رحلة قضائية طويلة، تلقى أهالي عقارب أخيراً قرارًا من المحكمة يعترف بضرورة إغلاق المكب على الفور، وتم تنفيذ القرار في 27 سبتمبر 2021.

على الرغم من أن المكب لم يعد قيد الاستخدام، إلا أن سكان عقارب ما زالوا متأثرين من الأضرار التي سببها المكب لبيئتهم وصحتهم، ولا يزالون يخشون من أي محاولة لإعادة فتح المكب مرة أخرى.

المراجع:

FTDES، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023

Inkyfada.com، عنوان الويب، تم الوصول إليه في 15 أكتوبر 2023

دراسة الحالة 7

الغبار الأسود

كان سكان مدينة القنيطرة في المغرب يواجهون مشكلة الغبار الأسود الذي يعتقدون أنه مرتبط بمحطة طاقة صناعية قريبة، والتي تعمل بالوقود الثقيل كمصدر رئيسي لانبعاثات الجسيمات بما في ذلك الرماد الطائر والسخام، وكانوا قلقين بشأن الآثار الصحية السلبية مثل أمراض الجهاز التنفسي والقلب والأوعية الدموية، وارتفاع خطر الإصابة بالسرطان، وتفاقم الحالات الصحية القائمة، والتأثيرات على نمو الأطفال. حيث تسبب تلوث جزيئات $PM_{2.5}$ ليس فقط في مشاكل صحية ولكن أيضاً في مشاكل بيئية مثل الضباب، وانخفاض الرؤية، والأضرار للنظم البيئية وجودة المياه.

وقد اتخذ السكان خطوات عديدة لجمع الأدلة العلمية حول تركيبة الغبار الأسود في المنطقة. في أغسطس 2022، تم الحصول على عينتين من أسطح المنازل وإرسالها إلى مختبرات غرينبيس للأبحاث في المملكة المتحدة. كانت النتائج متوافقة مع الرماد الطائر الناتج من احتراق الوقود الثقيل، مما وفر للمجتمع دليلاً حاسماً للتفاعل مع السلطات والمحطة، مؤكدين حقهم في بيئة صحية من خلال مطالب مدعومة علمياً.

المرجع:

Greenpeace Research Laboratories Analytical Results 05-2022:
14 صفحة. تحليل لجزيئات الغبار المترسبة من مدينة القنيطرة، المغرب. متوفر على
https://www.greenpeace.to/greenpeace/?page_id=2058

Image credit: Greenpeace International

الخاتمة

يسلط هذا التقرير الضوء على المصادر الرئيسية لتلوث الهواء وأكبر مصادر الانبعاثات الملوثة في إفريقيا، والتي تسبب تأثيراً خطيراً على الصحة والبيئة، ويدعو التقرير إلى اتخاذ إجراءات عاجلة جماعية على جميع المستويات لمعالجة هذه المشكلة.

يُرتبط التعرض لتلوث الهواء في إفريقيا بتأثير هائل على الصحة العامة وهو مساهم رئيسي في ارتفاع نسب الوفيات المبكرة. وقد حدد التقرير الملوثين الرئيسيين، بما في ذلك محطات الطاقة التي تعمل بالوقود الأحفوري، والمصاهر، والبنية التحتية لإنتاج النفط والغاز، و يسلط الضوء على الحاجة إلى الإنتقال للطاقة النظيفة والمتجددة، وإنهاء الاعتماد على الوقود الأحفوري والاحتراق لتوليد الطاقة، وتشريع أفضل لجودة الهواء والانبعاثات. هذه الخطوات ضرورية لرفاهية الأشخاص الذين يعيشون في إفريقيا ولتقليل الظلم البيئي.

درس التقرير الرصد الفضائي لأكبر بؤر انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في إفريقيا. كما تم تحليل قواعد بيانات الانبعاثات العالمية والإقليمية لوضع هذه البؤر في سياقها واقتراح القطاعات والصناعات الأكثر تلوثاً في مناطق مختلفة من إفريقيا. كل الملوثات التي تم دراستها يمكن أن تكون ضارة، ولكنها تساهم أيضاً في تلوث الجسيمات الدقيقة الذي يعتبر من أبرز المسببات للأضرار الصحية.

© mibuch / Envato Elements

يُرتبط التعرض لتلوث الهواء في إفريقيا بتأثير هائل على الصحة العامة وهو مساهم رئيسي في ارتفاع نسب الوفيات المبكرة.

غالباً ما تحدث الانبعاثات الملوثة في المناطق التي توجد بها فجوات خطيرة في جمع وتوافر بيانات تلوث الهواء وغالباً ما تكون هذه الفجوات في الدول التي تكون فيها تشريعات تلوث الهواء ومعايير جودة الهواء غير موجودة أو غير كفاية.

تؤدي انبعاثات الملوثات إلى عدد كبير من الوفيات المبكرة في إفريقيا. تُعد مصر ونيجيريا وجنوب إفريقيا من الدول التي وجد أنها تحمل عبء كبير من الأمراض. في هذه الدول تكون الوفيات المرتبطة بتلوث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري هي الأكثر.

كشف الرصد الفضائي عبر الأقمار الصناعية عن أكبر مصادر التلوث النقطية في إفريقيا. بين مايو 2018 ونوفمبر 2021، ومن بين أكبر عشرة مصادر نقطية لثاني أكسيد النيتروجين (NOx) على مستوى العالم، تأتي أعلى خمسة مصادر من محطات الطاقة في جنوب إفريقيا. أربعة منها مملوكة لشركة إسكوم Eskom، وهي أكبر شركة لتوليد الطاقة في الدولة، وواحدة لشركة ساسول Sasol. ومن بين أكبر عشرة بؤر انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في إفريقيا التي حددتها وكالة ناسا بين عامي 2005 و 2021، وجدت أربعة في جنوب إفريقيا، اثنان في مصر، اثنان في المغرب، ولكل من مالي وزيمبابوي بؤرة واحدة.تعد بؤر جنوب إفريقيا كبيرة بما يكفي لتصنيفها ضمن أعلى 50 مصدر تلوث محدث بشرياً على مستوى العالم.

ويشير تحليل قواعد بيانات الانبعاثات العالمية والإقليمية إلى أن انبعاثات الملوثات الجوية، بما في ذلك انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين والكربون الأسود، والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية، (SO_2، CO، NOx، BC، وNMVOCs) قد زادت في إفريقيا على مدى العقود الأخيرة. وتبرز منطقتي جنوب إفريقيا وشمال إفريقيا كأكبر مناطق إفريقيا لانبعاثات SO_2 و NOx. حيث تحتوي هذه المناطق على مصادر صناعية ومحطات طاقة كبيرة مقارنة بمناطق أفريقية أخرى. في غرب وشرق إفريقيا، تعتبر انبعاثات حركة المرور والحرق المنزلي قطاعات مهمة. يُلاحظ أن جنوب إفريقيا ونيجيريا والدول الشمالية الأفريقية هي من أكبر المصادر لانبعاثات NOx، إلى حد كبير من صناعة الطاقة الناتجة عن الوقود الأحفوري بما في ذلك محطات الفحم والنفط والغاز. تهيمن انبعاثات SO_2 بشكل أساسي على محطات الطاقة في جنوب إفريقيا.

يسلط هذا التقرير الضوء على المصادر و المتسببين الرئيسيين لتلوث الهواء. كما يقدم دراسات حالة توضح كيف تقوم المجتمعات بمكافحة تلوث الهواء بوسائل متنوعة مثل الإجراءات القانونية، التكنولوجيا الجديدة، والجهود الجماعية المجتمعية. وعلى الرغم من التحديات، فإن التغيير المستدام يمكن تحقيقه من خلال الاستخدام المناسب للتكنولوجيا، ومساءلة الحكومات والمشاركة الفاعلة للمجتمع.

من المتوقع أن يزداد تلوث الهواء الخارجي في إفريقيا سوءًا ما لم يتم اتخاذ تدابير عاجلة. قد تفاقم عوامل عديدة مثل النمو الاقتصادي، والنمو السكاني، والتحضر غير المخطط، ونقص التنظيم البيئي، الأثر البيئي والصحي على الإنسان. ستساعد التشريعات البيئية، بما في ذلك تشريعات جودة الهواء والانبعاثات إلى جانب تحسين الوصول إلى الطاقة النظيفة والمتجددة، في تقليل اللامساواة و تحسين رفاهية سكان القارة الأفريقية.

استناداً إلى هذا التحليل، نوصي بالإجراءات التالية التي يجب على الحكومات والمشرعين اتخاذها لمعالجة انبعاثات الملوثات الجوية من الملوثين الرئيسيين في إفريقيا:

1. يجب على جميع الدول الأفريقية سن قوانين شاملة لإدارة جودة الهواء المحيط وإنشاء معايير وطنية لجودة الهواء بهدف التحسين المستمر وجودة هواء متوافقة مع إرشادات منظمة الصحة العالمية المبنية على العلم.

2. تسريع تطوير شبكات مراقبة جودة الهواء وتعزيز الشبكات القائمة لتحسين تقديرات التعرض السكاني لتلوث الهواء الضار. يجب أن تكون الأولوية للمجتمعات الأكثر عرضة للخطر. يجب أن توفر هذه الشبكات بيانات شفافة وفي الوقت المناسب، مع الإبلاغ عن البيانات بوحدات فيزيائية واضحة، في مواقع معروفة، بدقة زمنية جيدة و بإمكانية الوصول المباشر عبر الإنترنت للجمهور.

3. بالإضافة إلى بيانات جودة الهواء العامة والمجانية، يجب اتخاذ تدابير لمراقبة وإبلاغ انبعاثات الملوثات الجوية. يجب أن تقوم القطاعات والمنشآت الصناعية المسؤولة عن انبعاثات الملوثات الجوية الهامة بالإبلاغ عن انبعاثاتها. يجب إنشاء سجلات عامة ومستقلة لإطلاق ونقل الملوثات يمكن التحقق منها بشكل مستقل لكي يمكن مراقبة التقدم في خفض الانبعاثات ومساءلة الملوثين.

© Arnaud Vittet / Greenpeace

4

يرتبط تلوث الهواء الداخلي والمنزلي ارتباطًا وثيقًا بالأعباء الصحية السلبية، غالبًا ما يكون ذلك بسبب الوصول المحدود إلى الطاقة النظيفة والمتجددة للطهي. يجب على الحكومات اتخاذ إجراءات سياسية أقوى لتوفير الوصول إلى الوقود النظيف للعائلات المحتاجة. يجب تعزيز حلول الطهي النظيفة والمتجددة وميسورة التكلفة مع سياسات مبنية على الأدلة تتجنب استخدام الوقود الأحفوري والوقود الصلب، وتلبي الاحتياجات الثقافية والاجتماعية والجندرية المحلية والمدعومة بتمويل كاف.

5

يرتبط حرق الفحم لتوليد الكهرباء واستخدام الوقود ذي الجودة المنخفضة ارتباطًا وثيقًا بأكبر مصادر انبعاثات الملوثات الجوية في هذا التقرير. يجب اتخاذ خطوات عاجلة لتقليل الاعتماد على الفحم والنفط والغاز والانتقال نحو الطاقة المتجددة بطريقة عادلة، مما يعود بالفائدة على الأشخاص والمناخ. أثناء الانتقال نحو نظام متجدد بالكامل، يجب اتخاذ إجراءات عاجلة لضمان أن تفي جودة الوقود المستخدم في إفريقيا بأفضل المعايير البيئية الدولية، بما في ذلك المحتوى الكبريتي.

6

تبرز منطقة مبومالانجا في جنوب إفريقيا على المستوى العالمي بسبب انبعاثاتها من الملوثات الجوية. يجب على حكومة دولة جنوب إفريقيا تنفيذ خطة إدارة جودة الهواء في منطقة هايفيلد كأولوية بشكل عاجل وبكل جدية، مع الالتزام بحكم محكمة بريتوريا العليا في قضية 'الهواء القاتل'. يجب عدم النظر في الإعفاءات المتعلقة بتشريعات تلوث الهواء الضعيفة في هذه المنطقة، ويجب تفكيك محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم والتي وصلت إلى نهاية عمرها الافتراضي.

7

ترتبط البنية التحتية للنفط والغاز الأحفوري وتوليد الكهرباء بانبعاثات الملوثات الجوية الكبيرة. غالبًا ما تكون هذه العمليات مرتبطة بشركات النفط والغاز الدولية. يجب اتخاذ خطوات عاجلة لإنهاء إنتاج النفط والغاز وحرقه flaring واستخدام الوقود الأحفوري في توليد الطاقة، وتحقيق صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050.

8

يرتبط حرق النفايات وسوء إدارة النفايات ارتباطًا وثيقًا بانبعاثات الملوثات الجوية في العديد من مناطق إفريقيا. يجب اتخاذ إجراءات أقوى لتقليل توليد النفايات، وحظر حرقها ووقف استعمار النفايات، وتوفير وسائل فعالة لإدارة النفايات.

9

يجب على الحكومات الوطنية الأفريقية، بالتعاون مع المجتمع الدولي والشمال العالمي، الاستثمار في مشاريع الطاقة المستدامة والصديقة للمناخ مع التخلص التدريجي من الصناعات ذات الانبعاثات المرتفعة التي تؤثر سلبا على المناخ والصحة العامة.

قاموس المصطلحات

ملوث الهواء

مادة غير مرغوب فيها توجد في الهواء على شكل جزيئات صلبة، أو قطرات سائلة، أو غاز. قد تكون هذه المادة خطرة، وضارة بصحة الإنسان إذا تم استنشاقها، أو مؤذية للبيئة. من الأمثلة البارزة على ذلك جزيئات $PM_{2.5}$، وأكاسيد النيتروجين (NOx)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2).

معيار جودة الهواء

إرشادات لتركيز الملوثات، تصدرها منظمة الصحة العالمية (WHO). تُظهر التركيزات التي تتجاوز قيم الإرشادات أنها ضارة بصحة الإنسان. وفقاً لمنظمة الصحة العالمية، لا يوجد مستوى آمن من تلوث الجسيمات، مما يعني أن أي تقليل في التلوث سيؤدي إلى فوائد صحية عامة. وقد أظهرت الدراسات تأثيرات ضارة للملوثات الغازية على مستويات أقل من هذه الإرشادات.

الكربون الأسود BC

يشير الكربون الأسود BC إلى الجزيئات السوداء الناتجة عن عمليات الاحتراق، بما في ذلك الوقود الأحفوري.

CIPREL

الشركة الإيفوارية لإنتاج الكهرباء /
Compagnie Ivoirienne de Production d'Electricité

حد الانبعاث

أقصى تركيز مسموح به للانبعاثات (أو في بعض الأحيان معدل الانبعاث) لمحطة معينة. يمكن أن يكون هذا الحد أو المعدل محددًا بمعايير وطنية، أو شروط تصريح بيئي (التي يمكن أن تكون مبنية على المعايير الوطنية ولكن يمكن أن تكون أكثر مرونة أو صرامة) أو بعض القوانين أو التشريعات الأخرى.

معدل الانبعاث

كمية الملوثات التي يتم إطلاقها في وحدة الزمن من محطة طاقة محددة (مثل 100 كيلوغرام/ساعة). في بعض الحالات، يُستخدم هذا بدلاً من تركيز الانبعاث كمقياس لمدى تلويث محطة الطاقة التي تعمل بالفحم.

تجاوز الحد

فترة زمنية يكون فيها تركيز ملوث الهواء أعلى من معيار جودة الهواء المناسب. لا يجب الخلط بينه وبين: التلوث الزائد.

الوقود الأحفوري

مصطلح عام للوقود الهيدروكربوني بما في ذلك النفط، والغاز، والفحم، وهي مواد ذات أصل جيولوجي وتم إنتاجها من خلال تحلل بقايا النباتات والحيوانات المتحجرة. يساهم الوقود الأحفوري في تغير المناخ وتلوث الهواء عند استخدامه.

الغاز الأحفوري

يُعرف أيضًا بـ "الغاز الطبيعي" أو "غاز الميثان". إنه نوع من الوقود الأحفوري المكون من مزيج من الهيدروكربونات، ويتكون بشكل رئيسي من الميثان.

NMVOC
المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية

مركبات تحتوي على الكربون والتي تتبخر بسهولة، ولكن باستثناء الميثان. بعض المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية معروفة بأنها مواد مسرطنة.

NO
أكسيد النيتروجين الأحادي

غاز نادر يُنتج في جميع عمليات الاحتراق. يتحول من وإلى NO_2.
مرادف: أكسيد النتريك

NO2
ثاني أكسيد النيتروجين

غاز نادر يُنتج في جميع عمليات الاحتراق. يتحول من وإلى NO.
يُستخدم مقدار ثاني أكسيد النيتروجين في الغلاف الجوي عادةً كمؤشر لتقييم أثره الصحي على مجموعة أكاسيد النيتروجين (NOx) بأكملها.

NOx
أكاسيد النيتروجين

مصطلح عام لغازات NO و NO_2، وهي مجموعة من الغازات النادرة الضارة بصحة الإنسان.

OCGT
توربينات الغاز ذات الدورة المفتوحة

نوع من محطات توليد الطاقة التي تعمل بالغاز، والتي تستخدم احتراق الغاز لتشغيل التوربينات، دون استرداد الحرارة الناتجة عن النفايات. هذا يجعل التكنولوجيا أقل كفاءة من التصميمات التي تستخدم الحرارة الناتجة عن النفايات للتدفئة أو توليد طاقة إضافية.

$PM_{2.5}$

جزيئات الغبار الدقيقة / الجسيمات الدقيقة. جزيئات صلبة بقطر هوائي أقل من 2.5 ميكرومتر وهي صغيرة جدًا بحيث يمكنها الانتقال من الرئتين إلى مجرى الدم، مما يؤثر على القلب والأوعية الدموية بأكملها ويسبب مجموعة من التأثيرات الصحية. بسبب حجمها الصغير، تظل هذه الجزيئات معلقة في الهواء لفترة طويلة ويمكن أن تنتقل لمئات أو آلاف الكيلومترات. ينبعث $PM_{2.5}$ مباشرة من احتراق الوقود الأحفوري، كرماد طائر وجسيمات أخرى غير محترقة، ويساهم في $PM_{2.5}$ بشكل غير مباشر من خلال انبعاثات الملوثات الغازية (خاصة SO_2 و NOx) التي تشكل $PM_{2.5}$ في الغلاف الجوي. $PM_{2.5}$ ضار بصحة الإنسان وبالتالي يعتبر ملوثًا للهواء.

PRTR
سجل إطلاق ونقل الملوثات

قاعدة بيانات للمواد الكيميائية الخطرة المحتملة أو الملوثات التي يتم إطلاقها في الهواء والماء والتربة ونقلها خارج الموقع للمعالجة أو التخلص منها بواسطة المواقع الصناعية ومصادر أخرى.

SO_2
ثاني أكسيد الكبريت

يُنتج ثاني أكسيد الكبريت كغاز نادر نتيجة العمليات الصناعية للمواد التي تحتوي على الكبريت، بما في ذلك حرق الفحم في محطات توليد الكهرباء ومعالجة بعض خامات المعادن. تتجاوز المصادر البشرية لثاني أكسيد الكبريت جميع المصادر الطبيعية حتى مع أخذ النشاط البركاني في الاعتبار. ويتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع مواد أخرى لتشكيل مركبات ضارة، مثل حمض الكبريتيك (H2SO4)، وحمض الكبريتوز (H2SO3)، وجزيئات الكبريتات، وبالتالي فهو سبب للأمطار الحمضية وتلوث الجسيمات $PM_{2.5}$.

الاستعمار النفاياتي

حيث تساهم النفايات والتلوث في سيطرة مجموعة على وطن مجموعة أخرى. عادةً ما يصف المصطلح حركة النفايات عبر الحدود من مناطق الامتياز والثراء إلى مناطق ذات مكانة اقتصادية وتأثير أقل.

WHO

منظمة الصحة العالمية

µg

ميكروغرام. واحد من المليون من الغرام. (حوالي وزن مستشعرات النملة)

المراجع

Amann, M., Bertok, I., Borken-Kleefeld, J., Cofala, J., Heyes, C., Höglund-Isaksson, L., Klimont, Z., Nguyen, B., Posch, M., Rafaj, P., Sandler, R., Schöpp, W., Wagner, F., Winiwarter, W.; Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications.(2011) Environmental Modelling and Software, 26 (12), pp. 1501-1489. , DOI: 10.1016/j.envsoft.2011.07.012.

Anejionu, O.C., Whyatt, J.D., Blackburn, G.A. and Price, C.S., 2015. Contributions of gas flaring to a global air pollution hotspot: Spatial and temporal variations, impacts and alleviation. Atmospheric Environment, 118, pp.193-184.

Assamoi, E.M. and Liousse, C., 2010. A new inventory for two-wheel vehicle emissions in West Africa for 2002. Atmospheric Environment, (32)44, pp.3996-3985.

Beirle, S., Borger, C., Jost, A. and Wagner, T., 2023. Improved catalog of NO x point source emissions (version 2). Earth System Science Data, (7)15, pp.3073-3051.

Cairo Electricity Production Company. 2023. https://www.cairoepc.com/sek.html# [Accessed 2023/09/20]
Chappell, A., Webb, N.P., Hennen, M., Schepanski, K., Ciais, P., Balkanski, Y., Zender, C.S., Tegen, I., Zeng, Z., Tong, D. and Baker, B., 2023. Satellites reveal Earth's seasonally shifting dust emission sources. Science of the Total Environment, 883, p.163452.

Ciprel. 2023. https://www.ciprel.ci/ [Accessed 2023/09/20]

Crippa, M., Guizzardi, D., Butler, T., Keating, T., Wu, R., Kaminski, J., Kuenen, J., Kurokawa, J., Chatani, S., Morikawa, T. and Pouliot, G., 2023. The HTAP_v3 emission mosaic: merging regional and global monthly emissions (2018-2000) to support air quality modelling and policies. Earth system science data, (6)15, pp.2694-2667.

Larssen, S. and Otto Hagen, L. 1996. AIR POLLUTION MONITORING IN EUROPE - PROBLEMS AND TRENDS. European Topic Centre on Air Quality https://www.eea.europa.eu/publications/8-058-9167-92/page004.html [Accessed 2023/09/09]

Eskom. 2023. Eskom Holdings SOC Ltd, Coal fired power stations. https://www.eskom.co.za/eskom-divisions/gx/coal-fired-power-stations/ [Accessed 2023/09/20]

European Commission, Joint Research Centre (EC-JRC)/Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL). Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), release EDGAR v6.1_AP (2018 - 1970) of May 2022. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/dataset_ap61

Faridi, S., Yousefian, F., Roostaei, V., Harrison, R.M., Azimi, F., Niazi, S., Naddafi, K., Momeniha, F., Malkawi, M., Moh'd Safi, H.A. and Rad, M.K., 2022. Source apportionment, identification and characterization, and emission inventory of ambient particulate matter in 22 Eastern Mediterranean Region countries: A systematic review and recommendations for good practice. Environmental Pollution, p.119889.

Faridi, S., Krzyzanowski, M., Cohen, A.J., Malkawi, M., Moh'd Safi, H.A., Yousefian, F., Azimi, F., Naddafi, K., Momeniha, F., Niazi, S. and Amini, H., 2023. Ambient air quality standards and policies in eastern mediterranean countries: a review. International journal of public health, 68, p.1605352.

Farrow, A., Miller, K.A. & Myllyvirta, L. 2020. Toxic air: The price of fossil fuels. Seoul: Greenpeace Southeast Asia. February 2020. Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review) 44 :2020-02 pp

Farrow, A. 2021. Evaluation of Air Pollution Monitoring in Bogotá, Colombia. Greenpeace Research Laboratories Technical Report GRL-TR-2021.2-01, April 2021. https://www.greenpeace.to/greenpeace/?p=3933 [Accessed 2023/09/18]

Fioletov, V.E., McLinden, C.A., Griffin, D., Abboud, I., Krotkov, N., Leonard, P.J., Li, C., Joiner, J., Theys, N. and Carn, S., 2023. Version 2 of the global catalogue of large anthropogenic and volcanic SO 2 sources and emissions derived from satellite measurements. Earth System Science Data, (1)15, pp.93-75.

Global Coal Plant Tracker, Global Energy Monitor, July 2023 release. https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker/download-data/ [Accessed 2023/09/18]

Global Energy Monitor 2023. https://www.gem.wiki/Main_Page [Accessed 2023/09/20]

Greenstone, M., and Hasenkopf, C. 2023. Annual Update. Air Quality Life Index.

HEI (Health Effects Institute). 2022. The State of Air Quality and Health Impacts in Africa. A Report from the State of Global Air Initiative. Boston, MA:Health Effects Institute.

Hoesly, R.M., Smith, S.J., Feng, L., Klimont, Z., Janssens-Maenhout, G., Pitkanen, T., Seibert, J.J., Vu, L., Andres, R.J., Bolt, R.M. and Bond, T.C., 2018. Historical (2014-1750) anthropogenic emissions of reactive gases and aerosols from the Community Emissions Data System (CEDS). Geoscientific Model Development, (1)11, pp.408-369.

IEA (2019) World Energy Balances, www.iea.org/statistics, All rights reserved, as modified by Joint Research Centre, European Commission.

IEA (2022) World Energy Balances, www.iea.org/statistics, All rights reserved, as modified by Joint Research Centre, European Commission.

IQAir. 2023. World Air Quality Report. https://www.iqair.com/gb/world-air-quality-ranking

Keita, S., Liousse, C., Assamoi, E.M., Doumbia, T., N'Datchoh, E.T., Gnamien, S., Elguindi, N., Granier, C. and Yoboué, V., 2021. African anthropogenic emissions inventory for gases and particles from 1990 to 2015. Earth System Science Data, (7)13, pp.3705-3691.

Lelieveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Burnett, R.T., Haines, A. and Ramanathan, V., 2019. Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. Proceedings of the National Academy of Sciences, (15)116, pp.7197-7192.

Lin J, Du M, Chen L, Feng K, Liu Y, Martin RV, et al. 2019. Carbon and health implications of trade restrictions. Nature Commun 10:4947.

Martin, R.V., Brauer, M., van Donkelaar, A., Shaddick, G., Narain, U. and Dey, S., 2019. No one knows which city has the highest concentration of fine particulate matter. Atmospheric Environment: X, 3, p.100040.

McDuffie, Erin, Smith, Steven, O'Rourke, Patrick, Tibrewal, Kushal, Venkataraman, Chandra, Marais, Eloise, Zheng, Bo, Crippa, Monica, Brauer, Michael, & Martin, Randall. (2020). CEDS_GBD-MAPS: Global Anthropogenic Emission Inventory of NOx, SO2, CO, NH3, NMVOCs, BC, and OC from 2017-1970 (2020_v1.0) [Data set]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.3754964

McDuffie, E., Martin, R., Yin, H. and Brauer, M., 2021. Global burden of disease from major air pollution sources (GBD MAPS): a global approach. Research Reports: Health Effects Institute, 2021.

Meng J, Martin RV, Li C, van Donkelaar A, Tzompa-Sosa ZA, Yue X, et al. 2019. Source contributions to ambient fine particulate matter for Canada. Environ Sci Technol 10278 -53:10269.

Misonne, D. and Eloise, S., 2021. Regulating Air Quality: the First Global Assessment of Air Pollution Legislation (No. USL-B-Université Saint-Louis).

Moroccan Ministry of Environment, Mines, and Sustainable Energy: Étude pour la mise en place de systèmes de modélisation de la dispersion des polluants atmosphériques PHASE 3 : Actualisation de l'inventaire des émissions atmosphériques et réalisation de la modélisation de la dispersion des polluants atmosphériques, Ville de Marrakech (2018)

Murray, C.J., Aravkin, A.Y., Zheng, P., Abbafati, C., Abbas, K.M., Abbasi-Kangevari, M., Abd-Allah, F., Abdelalim, A., Abdollahi, M., Abdollahpour, I. and Abegaz, K.H., 2020. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 2019-1990: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. The lancet, (10258)396, pp.1249-1223. Data available at: https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/#

Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable (ONEE). 2014. http://www.one.org.ma/ [Accessed 2023/09/20]

Okedere, O.B., Elehinafe, F.B., Oyelami, S. and Ayeni, A.O., 2021. Drivers of anthropogenic air emissions in Nigeria-A review. Heliyon, (3)7.

Resolute 2023. https://www.rml.com.au/assets/syama-mali/ [Accessed 2023/09/20]

Saidi, L., Valari, M. and Ouarzazi, J., 2023. Air quality modeling in the city of Marrakech, Morocco using a local anthropogenic emission inventory. Atmospheric Environment, 293, p.119445.

Sasol. 2023. https://www.sasol.com/about-sasol/regional-operating-hubs/southern-africa-operations/secunda-synfuels-operations. [Accessed 2023/09/20]

Sawant, V., Hagerbaumer, C., Rosales, C. M. F., Isied, M., Biggs, R. (2022). 2022 Open Air Quality Data: The Global Landscape. OpenAQ, Washington, D.C.

Son, M., Anhäuser, A., Savalingam, N., Farrow, A., & Myllyvirta, L. A Deadly Double Standard. How Japan's financing of highly polluting overseas coal plants endangers public health. Seoul: Greenpeace Southeast Asia. 52 pp. Aug 2019.

Sonibare, J.A., 2010. Air pollution implications of Nigeria's present strategy on improved electricity generation. Energy Policy, (10)38, pp.5789-5783.

TAQA Morocco. 2022. https://www.taqamorocco.ma/fr/activite/centrale-thermique [Accessed 2023/09/20]

UN, United Nations Division for Sustainable Development Goals Department of Economic and Social Affairs. 2018. Accelerating sdg 7 achievement policy brief 02 achieving universal access to clean and modern cooking fuels, technologies and services. 7 Affordable and clean energy. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/17465PB2.pdf [Accessed 2023/11/06]

UNEP, United Nations Environment Programme. 2022. Integrated Assessment of Air Pollution and Climate Change for Sustainable Development in Africa: Summary for Decision Makers. Nairobi.

UNEP, United Nations Environment Programme. 2023. Global Diesel Fuel Sulphur Levels June 2023 https://www.unep.org/explore-topics/transport/what-we-do/partnership-clean-fuels-and-vehicles/sulphur-campaign
U.S. Environmental Protection Agency. 2019. Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter (Final Report, Dec 2019), EPA/600/R-188/19. Washington, DC:U.S. EPA. Available: https://cfpub.epa.gov/ncea/isa/recordisplay.cfm?deid=347534

van Geffen, J. H. G. M., Eskes, H. J., Boersma, K. F., Maasakkers, J. D., and Veefkind, J. P.: TROPOMI ATBD of the total and tropospheric NO2 data products, S5PKNMI-L0005-2-RP, Royal Netherlands Meteorological Institute, https://sentinel.esa.int/documents/2476257/247904/ Sentinel-5P-TROPOMI-ATBD-NO2-data-products (last access: 27 June 2023), 2019.

van Geffen, J., Eskes, H., Compernolle, S., Pinardi, G., Verhoelst, T., Lambert, J.-C., Sneep, M., ter Linden, M., Ludewig, A., Boersma, K. F., and Veefkind, J. P.: Sentinel-5P TROPOMI NO2 retrieval: impact of version v2.2 improvements and comparisons with OMI and ground-based data, Atmos. Meas. Tech., 2060 -2037 ,15, https://doi.org/10.5194/amt-2022 ,2022-2037-15.

Vohra, K., Vodonos, A., Schwartz, J., Marais, E.A., Sulprizio, M.P. and Mickley, L.J., 2021. Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. Environmental research, 195, p.110754.

World Bank. (2022). 2022 Global Gas Flaring Tracker Report. https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/publication/2022-global-gas-flaring-tracker-report [Accessed 26 August 2023]

WHO (World Health Organization). 2013. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report. Available: https:// www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-healthaspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report

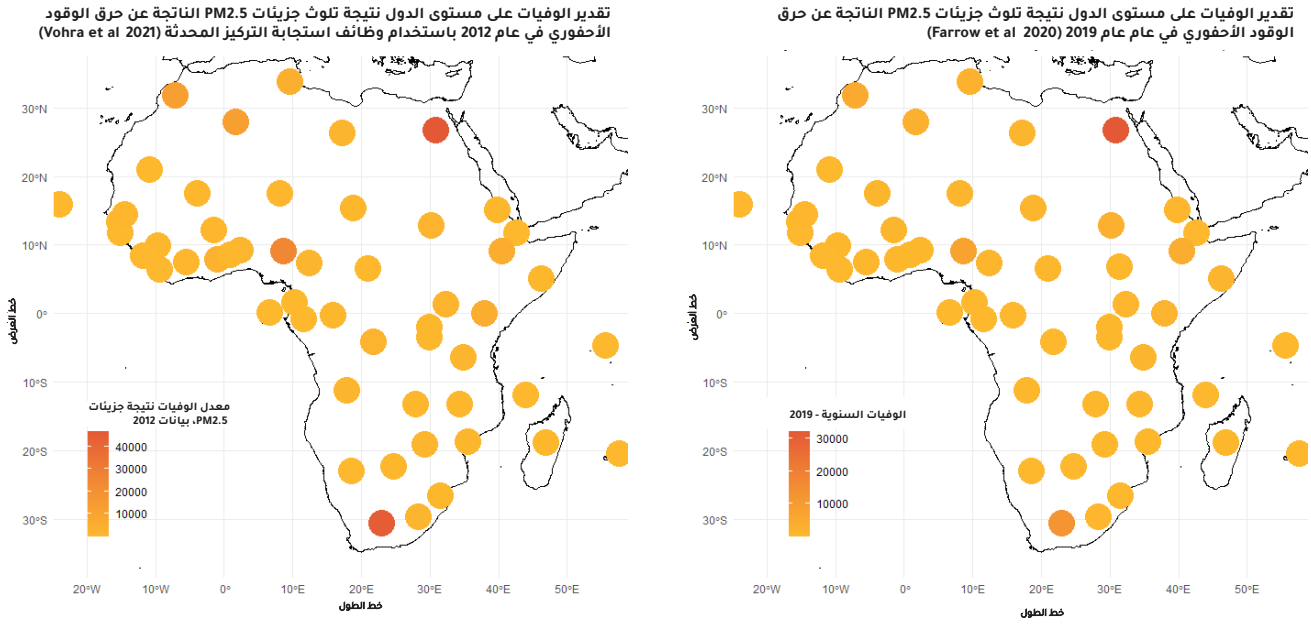
WHO (World Health Organization). (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/345329/10665. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

WHO (World Health Organization). 2023a WHO ambient air quality database, 2022 update : status report. Geneva : World Health Organization. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

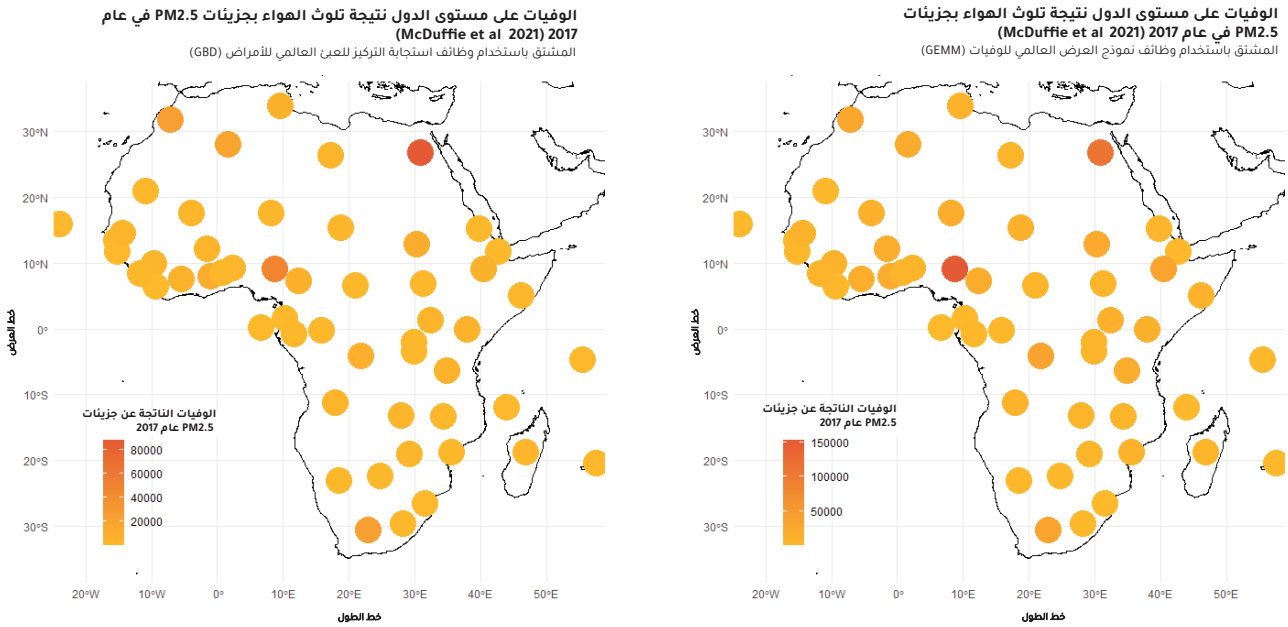
WHO (World Health Organization). 2023b WHO ambient air quality database, 2023 update : Version 6 Geneva : World Health Organization.

الملحق 1.

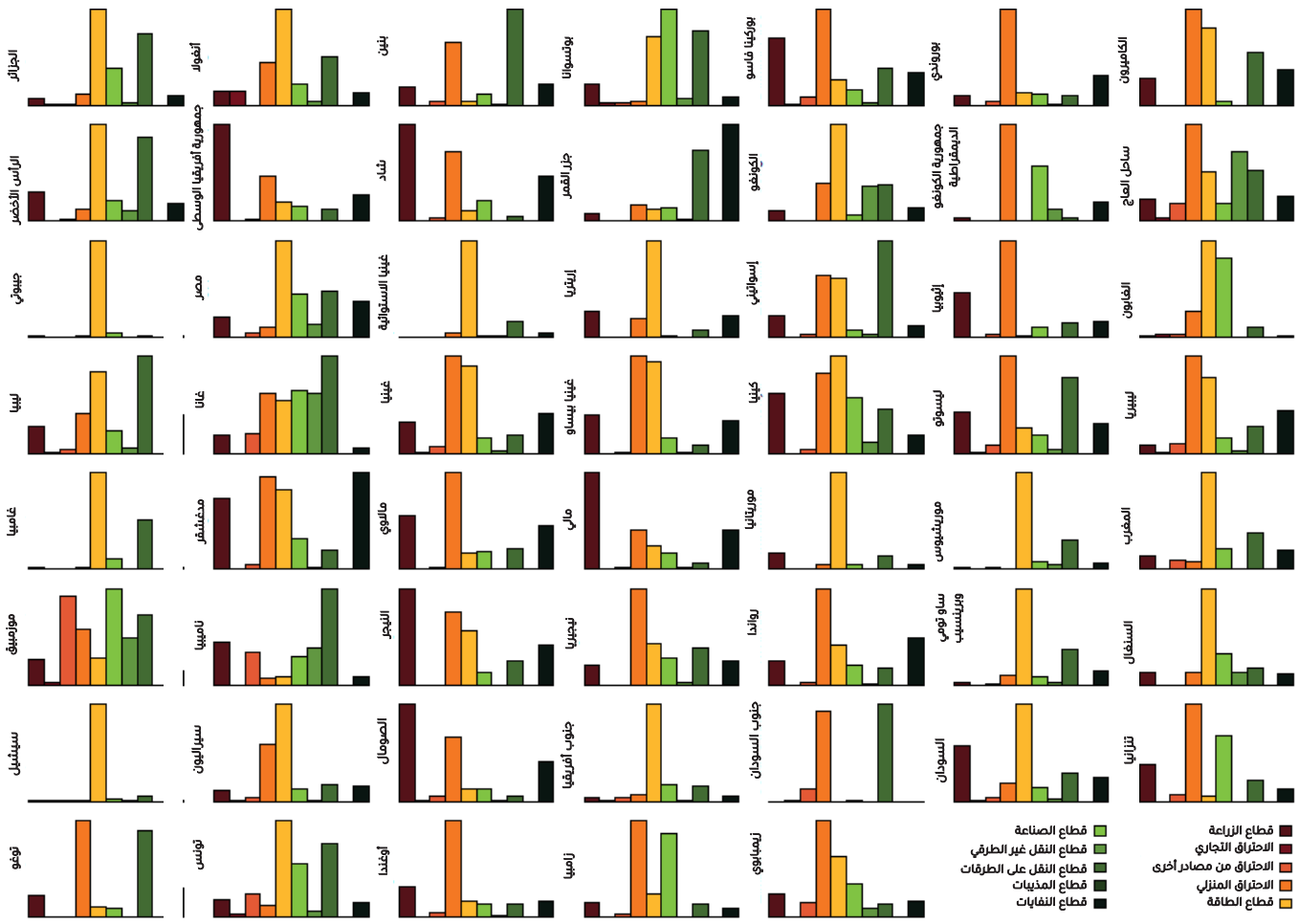
البيانات على مستوى الدولة



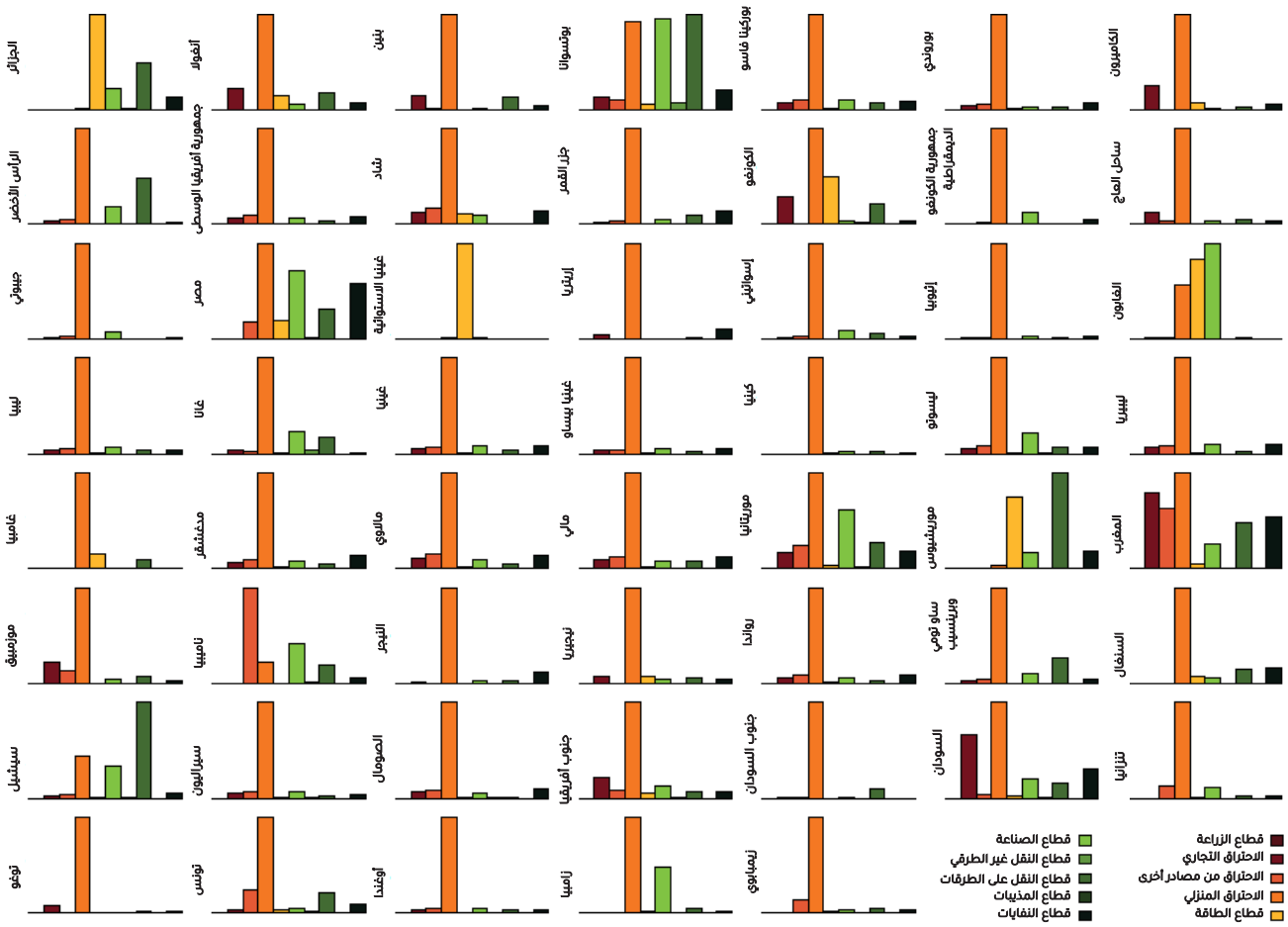
الشكل A1: تقدير الوفيات على مستوى الدول نتيجة تلوث جزيئات $PM_{2.5}$ الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري في عام 2012 باستخدام وظائف استجابة التركيز المحدثة (يسار) (Vohra et al 2021) وفي عام 2019 باستخدام منهجية أكثر تحفظًا (يمين) (Farrow et al 2020). يحدد كلاهما الدول التي يسبب فيها تلوث جسيمات الوقود الأحفوري أكبر عدد من الوفيات المبكرة.



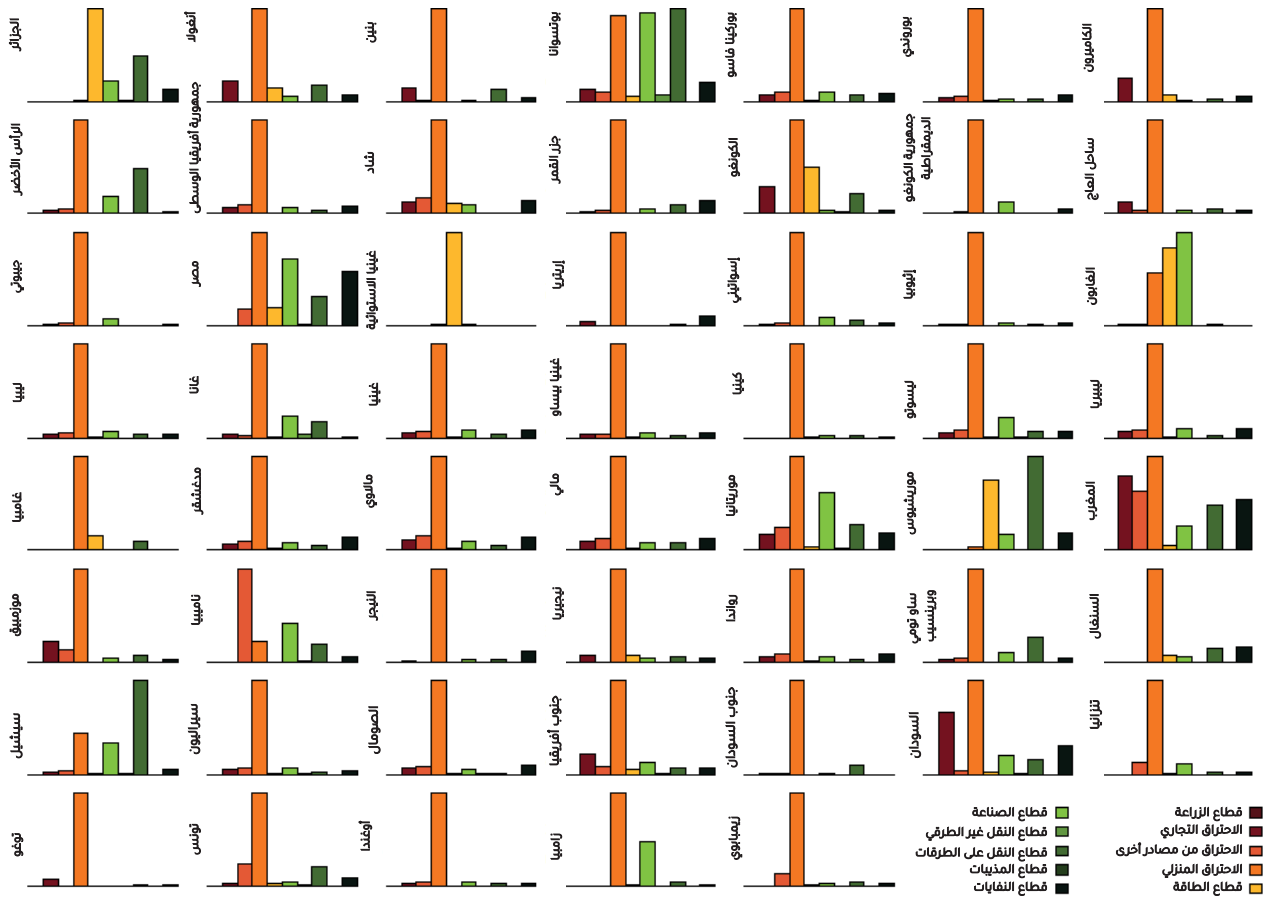
الشكل A2: تقدير الوفيات على مستوى الدول نتيجة تلوث الهواء بجزيئات $PM_{2.5}$ في عام 2017 (McDuffie et al 2021) المشتق باستخدام وظائف استجابة التركيز للعبء العالمي للأمراض (GBD) (يسار) وظائف نموذج العرض العالمي للوفيات (GEMM) (يمين). يشمل GEMM بيانات مراقبة أحدث بالإضافة إلى بيانات عن داء السكري من النوع 2، والولادات المبكرة، وانخفاض أوزان الولادة. يستند GBD جزئيًا إلى بيانات تشمل تلوث الهواء المنزلي والتعرض للتدخين السلبي، بينما يشمل GEMM الدراسات المتعلقة بجزيئات $PM_{2.5}$ البيئي فقط.



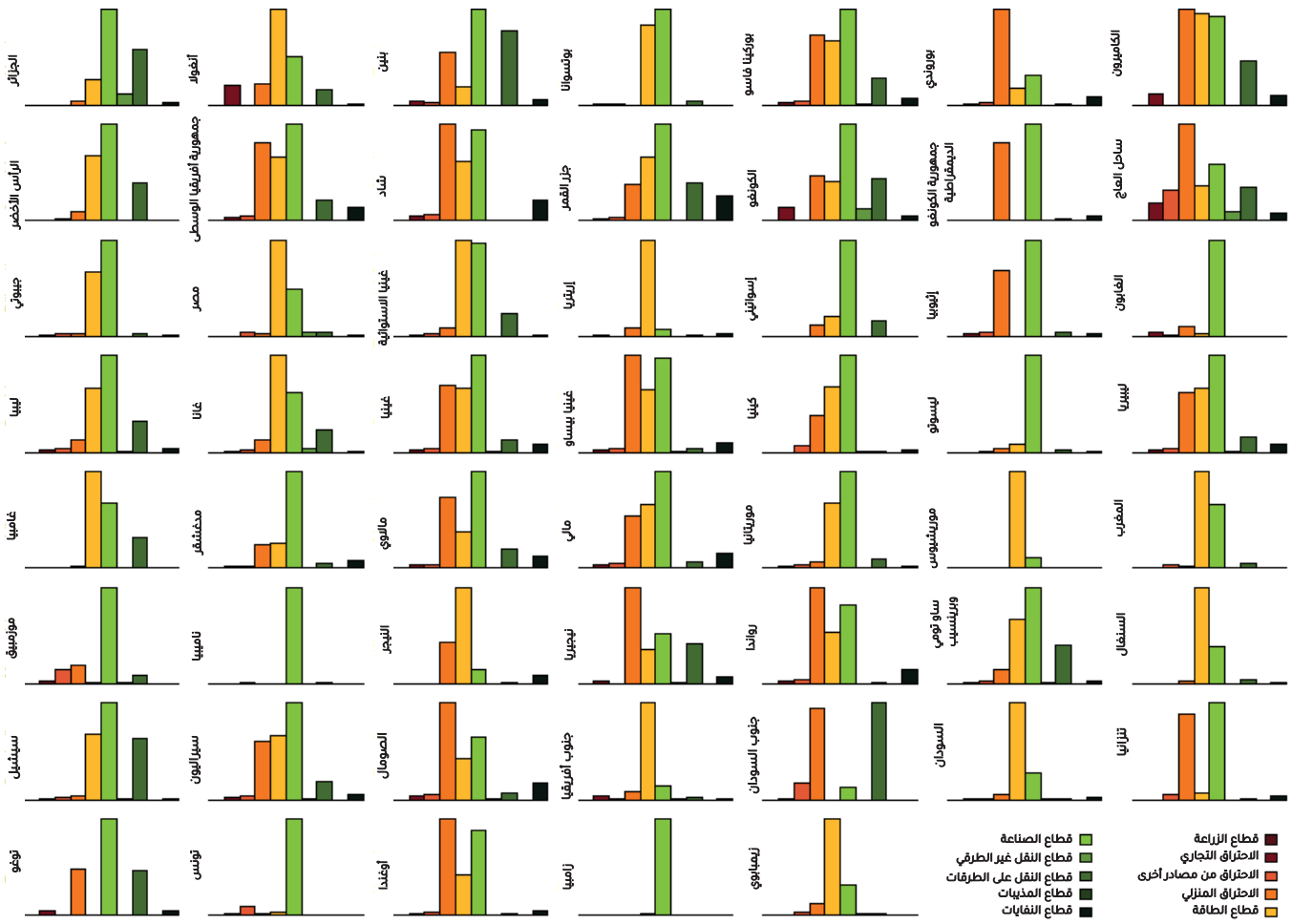
الشكل A3. الإسهام النسبي للقطاعات المساهمة في انبعاثات NO_2 حسب الدولة في جرد CEDS_GBD-MAPS وفق دراسة (McDuffie et al 2020)



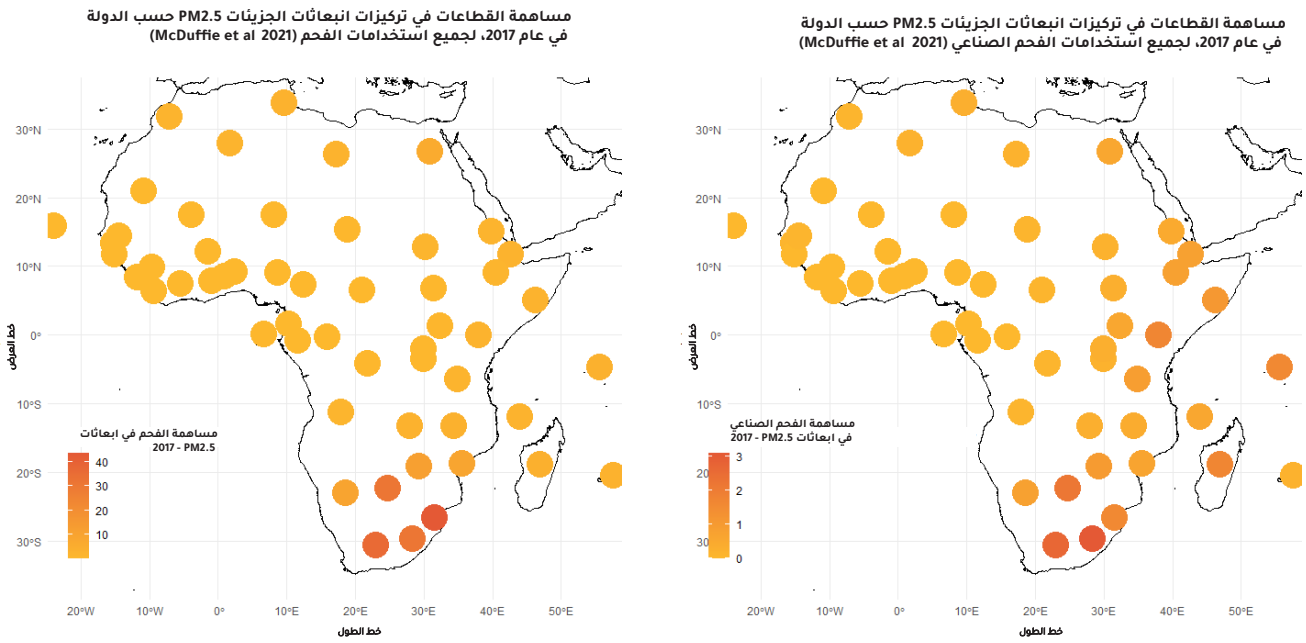
الشكل A4. الإسهام النسبي للقطاعات المساهمة في انبعاثات الكربون الأسود (BC) حسب الدولة في جرد CEDS_GBD-MAPS وفق دراسة (McDuffie et al 2020)



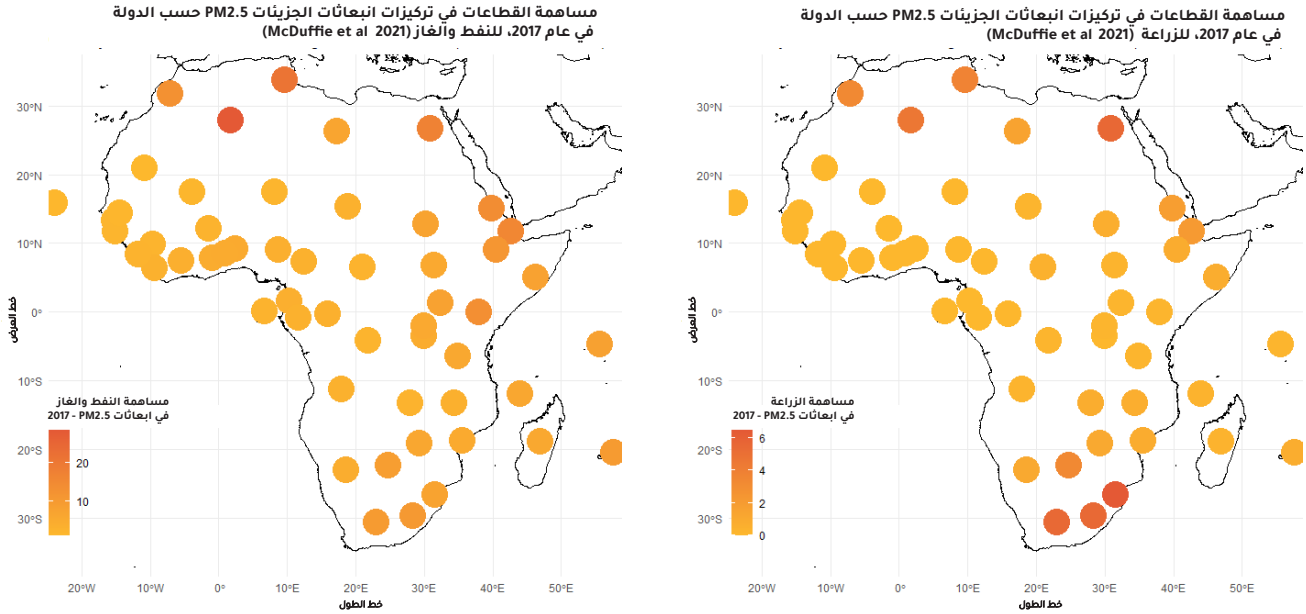
الشكل A5. الإسهام النسبي للقطاعات المساهمة في انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية حسب الدولة في جرد CEDS_GBD-MAPS وفق دراسة (McDuffie et al 2020)



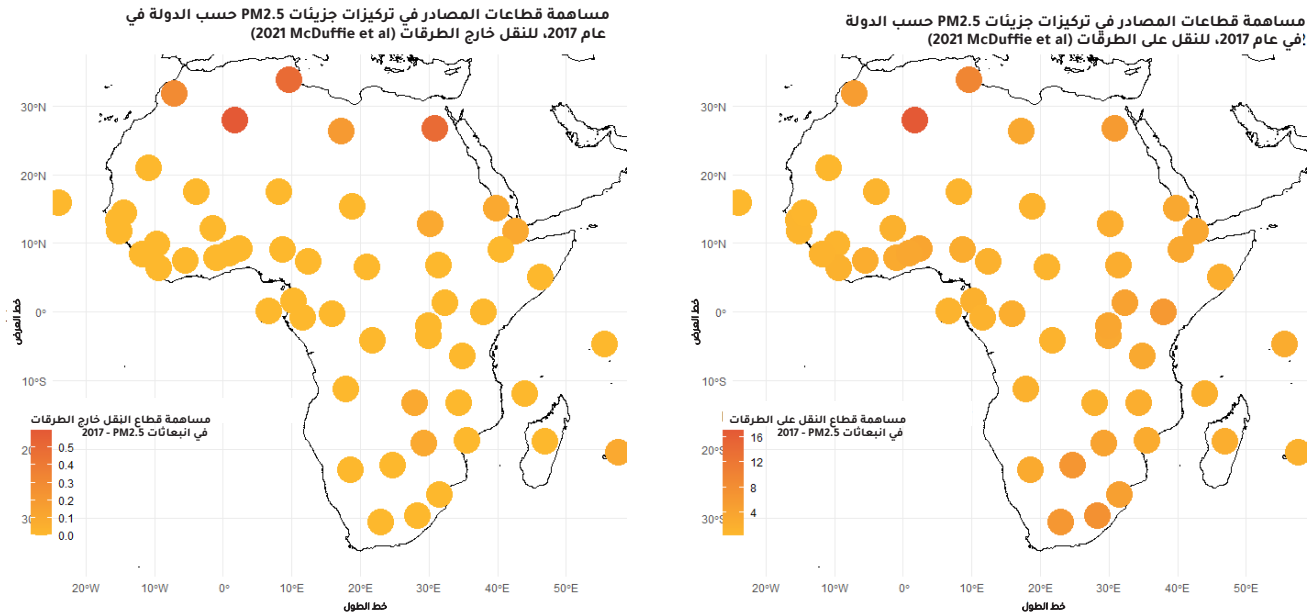
الشكل A6. الإسهام النسبي للقطاعات المساهمة في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) حسب الدولة في جرد CEDS_GBD-MAPS وفق دراسة (McDuffie et al 2020)



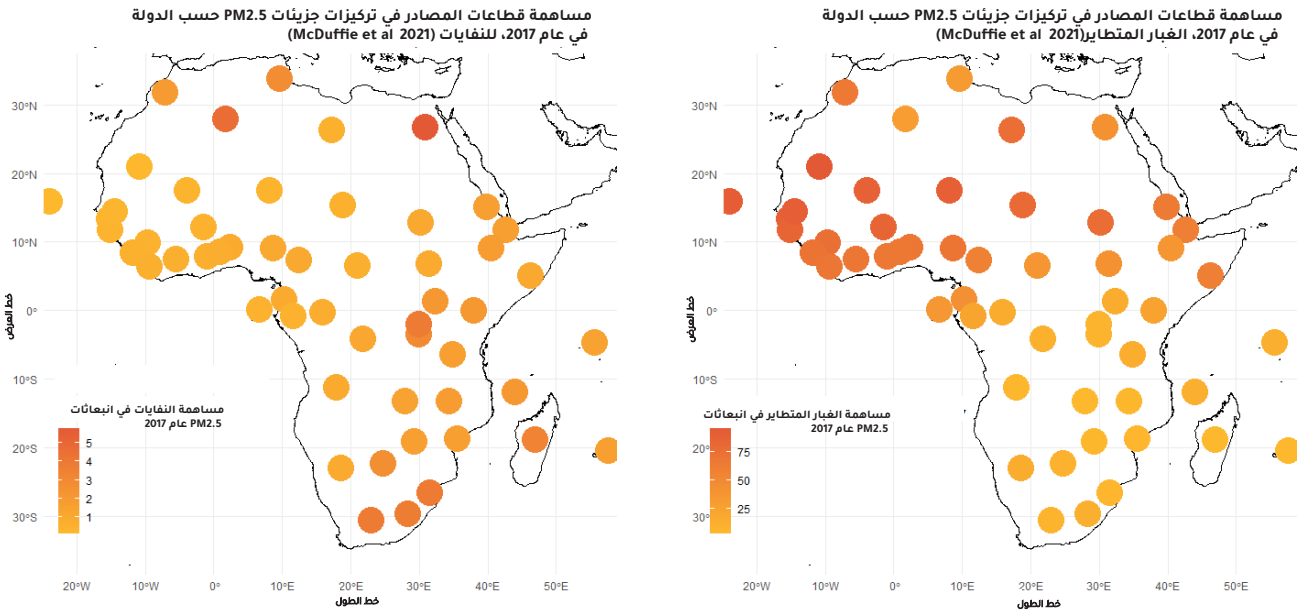
الشكل A7. مساهمة القطاعات في تركيزات انبعاثات الجزيئات PM2.5 حسب الدولة في عام 2017، لجميع استخدامات الفحم واستخدام الفحم الصناعي (McDuffie et al 2021)



الشكل A8. مساهمة القطاعات تركيزات جزيئات PM2.5 حسب الدولة في عام 2017، للنفط والغاز، والزراعة (McDuffie et al 2021)



الشكل A9. مساهمة قطاعات المصادر في تركيزات جزيئات PM2.5 حسب الدولة في عام 2017، للنقل خارج الطرقات والنقل على الطرقات (McDuffie et al 2021)



الشكل A10. مساهمة قطاعات المصادر في تركيزات جزيئات PM2.5 حسب الدولة في عام 2017، للنفايات والغبار المنقول بواسطة الرياح (McDuffie et al 2021)

© Olivia / Adobe Stock